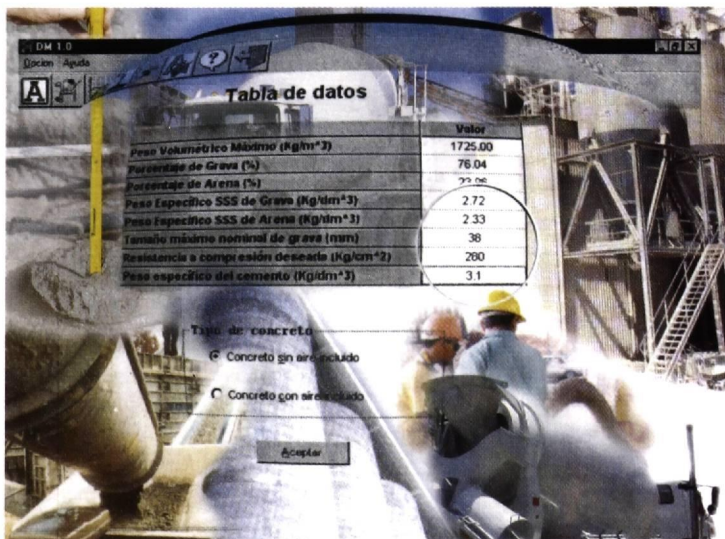


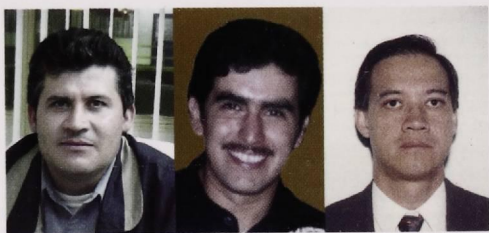
# PROGRAMA PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO NORMAL DM 1.0

FRANCISCO GONZÁLEZ DÍAZ

JESÚS CANO LICONA

LUIS ANTONIO ROCHA CHIU





---

### FRANCISCO GONZÁLEZ DÍAZ

Es Ingeniero civil egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, tiene seis años de experiencia profesional en el sector público y privado. Tiene título de Maestría en Ciencias e Ingeniería de Materiales por la misma Universidad.

Es profesor Titular de tiempo completo en el Área de Construcción, ha participado en diferentes comisiones académicas. Actualmente es miembro del comité de carrera de Ingeniería Civil. También es responsable del proyecto de investigación denominado "Vivienda Económica", asimismo participa activamente en el proyecto de "Comportamiento y Durabilidad del Concreto".

Tiene diversos trabajos publicados en revistas y memorias en congresos. Ha dirigido alrededor de 20 Proyectos Terminales (Tesis) de alumnos en la carrera de Ingeniería Civil.

---

### JESÚS CANO LICONA

Titulado como Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Ha concluido la Maestría en Estructuras impartida por la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Colaboró en el Área de Construcción y en el Área de Estructuras de la UAM-Azcapotzalco, en materias



# PROGRAMA PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO NORMAL DM 1.0

---



COLECCIÓN / LIBROS DE TEXTO Y MANUALES DE PRÁCTICA  
SERIE / MATERIAL DE APOYO A LA DOCENCIA



...transformando el diálogo por la razón  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

# PROGRAMA PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO NORMAL DM 1.0

Francisco González Díaz  
Jesús Cano Licona  
Luis Antonio Rocha Chiu



**AZCAPOTZALCO**  
COSEI BIBLIOTECA

INCLUYE MATERIAL COMPLEMENTARIO  
SOLICÍTALO

2893992

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

**Azcapotzalco**

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Dr. Luis Mier y Terán Casanueva  
RECTOR GENERAL

Dr. Ricardo Solís Rosales  
SECRETARIO GENERAL

## **UNIDAD AZCAPOTZALCO**

Mtro. Víctor Manuel Sosa Godínez  
RECTOR

Mtro. Cristian Eduardo Leriche Guzmán  
SECRETARIO

Mtra. María Aguirre Tamez  
COORDINADORA GENERAL DE DESARROLLO ACADÉMICO

DCG. Ma. Teresa Olalde Ramos  
COORDINADORA DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

DCG. Silvia Guzmán Bofill  
JEFA DE LA SECCIÓN DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EDITORIALES

**PROGRAMA PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO NORMAL DM 1.0**  
**Primera edición, 2004**

**D.R.© 2004 Universidad Autónoma Metropolitana**  
**Unidad Azcapotzalco**  
Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas  
C. P. 02200, México, D. F.  
e.mail: secedi@correo.azc.uam.mx

Diseño y producción editorial •nopase. Eugenia Herrera/Israel Ayala  
Collage de portada. ©Israel Ayala

**ISBN 970-31-0197-7**  
Impreso en México/*Printed in Mexico*

# INTRODUCCIÓN

El programa de cómputo para diseño de mezclas de concreto normal DM 1.0 complementa los cursos de Construcción I, Laboratorio de Construcción y Tecnología del Concreto, que forman parte de la licenciatura en Ingeniería Civil de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

El empleo del programa no se restringe a los alumnos de ingeniería civil, sino que también puede ser útil para los estudiantes de arquitectura, residentes y supervisores de obra, empresas de control de calidad, compañías constructoras y para todo aquel usuario que requiera dosificar concreto normal.

En México se producen casi 30 millones de toneladas de cemento al año, de las cuales cerca del 80% se usan en la construcción de viviendas y en la autoconstrucción, por costumbre en este segmento del sector de la construcción se emplean métodos artesanales para la producción de concreto y cuya dosificación se hace normalmente por volumen; el presente programa puede ayudar a mejorar las prácticas de construcción mediante un adecuado diseño de las mezclas de concreto en obra.

El programa de cómputo para el diseño de mezclas de concreto normal contempla dos métodos diferentes: peso volumétrico máximo de grava y arena (mínimo contenido de vacíos) y por factores empíricos. El primero, se incluye en el «Manual de Tecnología de Concreto» (sección 4) de la Comisión Federal de Electricidad y, el segundo, forma parte de la publicación «Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass Concrete (ACI 211.1-91) del American Concrete Institute (ACI).

Para facilitar el uso del programa y la comprensión de los conceptos básicos sobre dosificación se ha incluido una breve descripción sobre los componentes del concreto y de las características más importantes de los dos métodos de diseño de mezclas de concreto, así como una guía de usuario del programa con ejemplos que ilustran su empleo.





# 1. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO NORMAL

## 1.1 ANTECEDENTES

Generalmente las especificaciones de los materiales a emplear en una estructura las indica el proyectista en los planos y memorias del proyecto; en particular, las propiedades del concreto endurecido son especificadas por el proyectista de la estructura, mientras que las propiedades del concreto en estado fresco están regidas por el tipo de construcción y las condiciones de transportación, colocación y de clima. Estos requerimientos permiten determinar la composición de la mezcla, teniendo en cuenta el grado de control de calidad aplicado en el lugar o en la obra.

Por lo tanto, puede decirse que el diseño de la mezcla es el proceso de selección de los componentes adecuados del concreto, determinando sus cantidades relativas con el propósito de producir un concreto económico, con ciertas propiedades mínimas, conveniente trabajabilidad, resistencia y durabilidad.

Existen numerosos factores que afectan las propiedades del concreto, ya sea en estado fresco o endurecido, en el texto se describen brevemente sólo aquellos que se relacionan con el diseño de las mezclas de concreto normal, donde el empleo de grava, arena, cemento y agua es lo convencional y no se considera el uso de aditivos.

Los métodos actuales de diseño de mezclas contemplan valores límite respecto a un rango de propiedades que deben cumplirse. Éstas son usualmente: la relación agua/cemento, el contenido mínimo de cemento, la resistencia mínima a la compresión, el tamaño máximo del agregado, la trabajabilidad mínima, el módulo de finura de la arena, la granulometría de los agregados y el contenido de aire.

Debido a la gran variabilidad de las propiedades de los materiales que componen el concreto muchos autores consideran al diseño de mezclas como un arte, esto es particularmente cierto cuando se trata

de evaluar real y cuantitativamente las propiedades de la grava y la arena, por ejemplo. No debe de sorprender entonces que conviene verificar las proporciones calculadas haciendo mezclas de prueba y, si es necesario, efectuar ajustes hasta obtener la mezcla de concreto con las características deseadas.

Es indudable que en nuestro país las dos propiedades más significativas al diseñar mezclas de concreto normal son la resistencia a la compresión y su trabajabilidad, aunque debe reconocerse que en los últimos años se ha prestado cada vez mayor atención a la durabilidad.

Los métodos empleados en México para dosificar concreto invariablemente buscan producir concreto al menor costo. Además, está demostrado que el cemento representa alrededor de las tres cuartas partes del costo de los materiales para fabricar un metro cúbico de concreto normal sin aditivos químicos y minerales. Por supuesto que las empresas productoras de concreto emplean los aditivos para disminuir el costo global de la mezcla de concreto, considerando que éstos mejoran propiedades como la trabajabilidad y retardo en el fraguado, además de disminuir el consumo del cemento

En estado fresco, el atributo frecuentemente requerido en las mezclas de concreto es la trabajabilidad, la cual se considera como una propiedad del concreto que determina su capacidad de colocación y compactación apropiada, permitiendo su acabado sin segregación ni sangrado nocivo, así como moldeabilidad y adherencia. La consistencia forma parte de la trabajabilidad y se define a grandes rasgos como la capacidad de colocación de la mezcla de concreto, en la que se involucran propiedades de cohesión y viscosidad, se mide en términos de revenimiento (cuanto más elevado es el revenimiento más colocable es la mezcla). En el método del ACI el revenimiento es un dato que sirve de base para diseñar las mezclas de concreto, mientras que en el de mínimo contenido de vacíos es una referencia para mejorar la mezcla de prueba en caso de que el revenimiento obtenido haya sido diferente del especificado.

## 1.2 EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES

El concreto es una mezcla de cemento, agua, agregados grueso y fino (grava y arena), aditivos y aire. En concretos de características especiales se incluyen en la mezcla adicionantes minerales como la ceniza volante (fly ash) o los colorantes. En estado fresco, es una mezcla fluida que se puede moldear aún después de algunas horas de haber sido elaborada, hasta que se presenta el fraguado inicial del concreto, a partir del cual comienza a endurecer, ganando resistencia conforme avanza el tiempo.

Es evidente que las propiedades del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido, dependen fundamentalmente de las características de cada uno de sus componentes, pero es indudable que la relación agua/cemento, la calidad y naturaleza de los agregados son aspectos que influyen en la mayor parte de dichas propiedades. En las siguientes cuatro secciones se describen de manera breve los componentes del concreto.

## 1.3 CEMENTO

El cemento es un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad. Cuando el cemento es mezclado con agua y arena forma mortero, y cuando es mezclado con arena y piedras pequeñas (grava) forma una piedra artificial llamada concreto.

El cemento hidráulico más empleado en la actualidad en México y en el mundo es el cemento Portland, el cual es un polvo mineral finamente molido, resultante de la trituración, mezcla y calcinación de materiales de origen natural, como: la caliza, la arcilla y pequeñas cantidades de otras materias primas (minerales de fierro y sílice).

El proceso de fabricación del cemento se realiza en tres etapas: Obtención, preparación y molienda de materias primas (crudo o harina); cocción del crudo en hornos rotatorios hasta alcanzar una temperatura

del material cercana a los 1450°C, para ser enfriado bruscamente, con lo que se obtiene un producto intermedio denominado clínker; y, molien- da del clínker con otros componentes, tales como yeso (regulador de fraguado) y adiciones (escorias de alto horno, cenizas volantes, caliza o puzolanas) para dar lugar a los distintos tipos de cemento.

La norma estadounidense de la American Society for Testing Materials ASTM-C-150 establece cinco tipos de cemento para diferentes aplicaciones según la clase de obra y las necesidades de transporte y colocación del concreto en estado fresco (Tabla 1.1). De igual forma la norma Mexicana NOM-C-1 establece la misma clasificación de cementos Portland.

**Tabla 1.1 Tipos de cementos Portland (ASTM-C-150)**

Tipo	Cemento Portland	Características
I	Normal	Para uso general
II	Modificado	Para moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación
III	Alta resistencia rápida	Para alcanzar alta resistencia inicial
IV	Bajo calor de hidratación	Para obtener bajo calor de hidratación
V	Resistente a los sulfatos	Para resistir ataque a los sulfatos

En México, a partir de la declaratoria de vigencia en abril de 1999 de la norma NMX-C-414 «Industria de la Construcción-Cementos Hidráulicos - Especificaciones y Métodos de Prueba», se dejaron de producir los cementos que establece la norma NOM-C-1 y actualmente sólo se fabrican los cementos de la nueva norma mexicana (Ver Tabla 1.2), por lo que en el procedimiento de dosificación es conveniente tomar en cuenta la influencia de las características de los nuevos cementos en las propiedades finales del concreto.



**Tabla 1.2 Tipos de cementos Portland:  
Clasificación por sus adiciones (NMX-C-414)**

<b>Tipo</b>	<b>Denominación</b>	<b>Características</b>
CPO	Cemento Portland Ordinario	Usos en concreto reforzado, pretensado y prefabricado, concreto en masa de pequeño y mediano volumen
CPP	Cemento Portland Puzolánico	Usos en concreto reforzado, concreto en masa de grandes volúmenes, en obras donde se requiere impermeabilidad o existan ataques por aguas puras, carbónicas agresivas o con débil acidez.
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada de alto horno	De bajo calor de hidratación, resistente a la agresión química, al agua de mar y a los sulfatos.
CPC	Cemento Portland Compuesto	Los mismos usos de los tipos de cemento CPP y CPEG.
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice	Usos en concreto reforzado y prefabricado, concreto en masa, pavimentaciones, cimentaciones y en obras donde se requiere impermeabilidad.
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno	Obras de concreto en masa en ambientes húmedos o agresivos por salinidad en general o por sulfatos de aguas y terrenos. Obras marítimas.

**Tabla 1.3 Clasificación por sus características especiales  
(NMX-C-414)**

<b>Tipo</b>	<b>Denominación</b>
RS	Resistente a los sulfatos
BRA	Baja reactividad álcali-agregado
BCH	Bajo calor de hidratación
B	Blanco

**Tabla 1.4 Clasificación por su clase resistente (NMX-C-414)**

Resistencia (N/mm <sup>2</sup> )	Mínimo a 3 días	Mínimo a 28 días	Máximo a 28 días
20	—	20	40
30	—	30	50
30 R	20	30	50
40	30	40	—
40 R	—	40	—

R = resistencia inicial alta

La nomenclatura de la norma NMX-C-414, por ejemplo, para un cemento Portland ordinario clase resistente 30, de resistencia inicial alta y características especiales de resistencia a los sulfatos es: **CPO 30 R RS**; mientras que un cemento Portland puzolánico con una resistencia normal de 30, de baja reactividad álcali agregado y de bajo calor de hidratación es: **CPP 30 BRA / BCH**.

La verificación de la calidad del cemento requiere el empleo de diversas pruebas de laboratorio que garanticen el cumplimiento de las especificaciones de acuerdo con la norma NMX-C-414. Las propiedades que generalmente se miden en el cemento de acuerdo a la norma anterior son: resistencia a la compresión, el tiempo de fraguado, estabilidad de volumen, determinación de las características de los componentes principales y del contenido de trióxido de azufre. Cualquiera de los métodos de diseño de mezclas que se utilice requiere solamente el conocimiento del peso específico y, en su caso, el tipo de cemento que cumpla los requisitos del proyecto y del uso del concreto en la obra.

## 1.4 AGREGADOS

Originalmente, los agregados se consideraban un material inerte, que se repartía en toda la pasta de cemento, mas que nada por razones económicas. Sin embargo, es posible asumir un punto de vista opuesto y pensar que los agregados son un material de construcción unido a un todo cohesivo por medio de la pasta de cemento, como sucede en las construcciones de mampostería. De hecho, los agregados no son realmente

inertes y sus propiedades físicas, térmicas y, a veces, químicas, influyen en el comportamiento del concreto.

Los agregados son más baratos que el cemento y, por lo tanto, es más económico poner la mayor cantidad posible de aquellos y la menor de éste, en general al menos tres cuartas partes del volumen del concreto están ocupadas por los agregados. No obstante, la economía no es la única razón para utilizar los agregados, éstos proporcionan además al concreto una enorme ventaja técnica, al darle mayor estabilidad volumétrica y más durabilidad que si se empleara solamente pasta de cemento.

Los agregados se dividen, por el tamaño de sus partículas, en agregado fino y agregado grueso. El agregado fino o arena abarca tamaños entre 0.075 y 4.75 mm, en tanto que el intervalo nominal del agregado grueso o grava comprende desde 4.75 mm hasta la dimensión de los fragmentos más grandes que contiene, cuya magnitud define el tamaño máximo del agregado.

Todas las partículas de agregado natural proceden originalmente de una masa mayor. Es posible que dicha masa se haya fragmentado por procesos naturales, como con el intemperismo o la abrasión, o que la fragmentación haya sido inducida artificialmente, mediante trituración. Por lo tanto, muchas de las propiedades de los agregados dependen de la roca madre que le dio origen, por ejemplo, sus propiedades químicas, la composición mineral, la densidad, la dureza, la resistencia, la estabilidad física y química, la estructura del poro y el color. Por otra parte, hay propiedades que posee el agregado, pero que están ausentes en la roca original, como la forma y el tamaño de la partícula, la textura superficial y la absorción. Todas estas propiedades pueden ejercer una influencia considerable en la calidad del concreto fresco o endurecido.

Desde el punto de vista petrográfico, los agregados, ya sean triturados o reducidos a su tamaño por la naturaleza, se pueden dividir en varios grupos de rocas que tengan características similares. La clasificación por grupos no implica la conveniencia de ningún agregado en especial para la fabricación de concreto; en cualquiera de los grupos se pueden encontrar materiales inadecuados, aunque algunos grupos tienden a ser mejores que otros. Los exámenes geológicos de los agregados son muy útiles para evaluar su calidad y, especialmente, para comparar un agregado nuevo con otro cuyos antecedentes de servicio sean conocidos. En general, los agregados cuyo origen es basalto, caliza o andesita pueden usarse con buenos resultados en la producción de concreto normal.

Por lo general los métodos de dosificación requieren la determinación de algunas características de los agregados, como granulometría, peso específico, pesos volumétricos (suelos y compactos), módulo de finura de la arena, tamaño máximo del agregado grueso, la absorción y la humedad. Dichos valores pueden ser fácilmente obtenidos mediante pruebas de laboratorio estandarizadas.

## 1.5 AGUA

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un olor o sabor pronunciado, puede ser utilizada para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden no ser adecuadas para su fabricación.

Algún tipo de agua que pudiera parecer dudosa, puede ser usada si los cubos de mortero producidos con ella alcanzan resistencias a los 7 días igual o mayor al 90% de la resistencia de especímenes testigo fabricados con agua potable o destilada; además, se deberán realizar las pruebas para asegurar que las impurezas en el agua no afecten el tiempo de fraguado del cemento.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino que también pueden causar eflorescencia, manchado, corrosión del acero de refuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad. Algunas impurezas pueden tener un efecto mínimo sobre la resistencia y tiempo de fraguado del concreto, pero pueden afectar de manera adversa la durabilidad y algunas otras propiedades de éste; a continuación se describen algunos compuestos e impurezas y sus efectos en el concreto.

Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de distintos cementos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado; en concentraciones altas, estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. También se deberá considerar la posibilidad de que se presente la reacción álcali-agregado.

Un alto contenido de cloruros en el agua de mezclado ocasiona la corrosión del acero de refuerzo o de los torones de presfuerzo, los iones

del cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino presente en el concreto.

Las posibles reacciones expansivas y el deterioro por sulfatos en el concreto debe cuidarse al emplear agua con estas sustancias, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos, aunque las normas permiten impurezas de 10,000 partes por millón (ppm) de sulfato de sodio.

Los carbonatos de calcio y de magnesio no son muy solubles en el agua y rara vez se encuentran en concentraciones suficientes para afectar la resistencia del concreto. Las sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo, presentes en el agua pueden provocar una reducción considerable en la resistencia y también variaciones en el tiempo de fraguado.

La aceptación de agua ácida como agua de mezclado se deberá basar en la concentración de ácido en el agua; su aceptación se basa en el pH, que es una medida de la concentración del ión hidrógeno. Cualquier agua con valores de pH entre 6.0 y 8.0 es útil para fabricar concreto.

Las aguas con concentraciones de hidróxido de sodio menores o iguales al 0.5% del peso del cemento no afectan en gran medida la resistencia del concreto, siempre que no ocasionen un fraguado rápido. La posibilidad de una mayor reactividad álcali-agregado se deberá tomar en cuenta.

El uso del agua empleada en la limpieza de las ollas de concreto premezclado es permisible siempre que las partículas suspendidas no sean excesivas. La mayor parte del agua que lleva desperdicios industriales tiene menos de 4,000 ppm de sólidos totales. Cuando se hace uso de esta agua en las mezclas de concreto, puede esperarse una reducción en la resistencia a la compresión del 10 al 15%.

Las aguas negras típicas pueden contener aproximadamente 400 ppm de materia orgánica. Una vez que esta agua es sometida a un buen sistema de tratamiento, la concentración se reduce a 20 ppm o menos. Esta cantidad es demasiado pequeña para tener cualquier efecto de importancia en el concreto y en su resistencia.

El efecto que las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales pueden llegar a tener algún efecto en el tiempo de fraguado del cemento Portland o en la resistencia última del concreto; es un problema que presenta una complejidad considerable. Las aguas que estén muy coloreadas o con un olor notable o aquellas en que sean visibles algas verdes o cafés deberán ser vistas con desconfianza y, en consecuencia, requieren pruebas de laboratorio.



Se pueden tolerar en el agua aproximadamente 2,000 ppm de arcilla en suspensión o partículas finas de roca. Cantidades mayores podrían no afectar la resistencia, pero sí influir sobre otras propiedades del concreto.

Ocasionalmente se encuentran presentes varios tipos de aceite en el agua. El aceite mineral (petróleo) sin mezclarse con otros aceites animales o vegetales tiene probablemente un efecto menor en el desarrollo de la resistencia que otros aceites; sin embargo, concentraciones de aceite mineral mayores del 2.5% del peso del cemento pueden reducir la resistencia a la compresión del concreto en más del 20%.

Independientemente de que en los párrafos anteriores se han ofrecido una serie de indicaciones sobre los tipos de agua susceptibles de ser usados para el agua de mezclado, ésta deberá cumplir las especificaciones de la norma NMX-C-122 «Industria de la Construcción-Agua para Concreto».

## 1.6 ADITIVOS

Actualmente en el ambiente de la industria del concreto premezclado una mezcla que no contiene aditivos es una excepción, esto es porque dichas sustancias y adiciones son capaces de impartir beneficios físicos y económicos al concreto. Los aditivos químicos son sustancias que se agregan a la mezcla de concreto en cantidades que están, normalmente, en función de la cantidad de cemento, durante el proceso de mezclado antes de su colocación, con el propósito de realizar una modificación o modificaciones específicas a las propiedades normales del concreto.

Los aditivos por su composición química pueden ser orgánicos o inorgánicos y se clasifican comúnmente por su función en el concreto, según la norma ASTM-C-494, en:

- Tipo A Reductores de agua: Como su nombre lo indica la función de estos aditivos es reducir el contenido de agua de la mezcla, usualmente del 5 al 10%, con lo que se disminuye la relación agua/cemento mientras se conserva la trabajabilidad deseada.
- Tipo B Retardantes: En general, prolongan el tiempo durante el cual el concreto se puede transportar, colocar y compactar. Se usan para elaborar concreto en clima cálido, cuando el tiempo de fraguado normal se acorta por la alta temperatura y en la prevención de juntas frías.

- Tipo C Acelerantes: Su función es incrementar tempranamente el desarrollo de la resistencia del concreto cuando se va a colar a bajas temperaturas, en concreto prefabricado o cuando se requiere un descimbrado rápido.
- Tipo D Reductores de agua y retardantes: Cuando se necesita disminuir el contenido de agua y al mismo tiempo retrasar el fraguado del concreto se emplean estos aditivos, cuyas características son una combinación de los tipos A y B.
- Tipo E Reductores de agua y acelerantes: Al igual que los aditivos tipo D, este aditivo es una combinación de dos aditivos, los tipos A y C, de los cuales toman sus propiedades generales.
- Tipo F Reductores de agua de alto rango o superfluidificantes: La acción de dispersión de los aditivos superfluidificantes incrementa la trabajabilidad del concreto por la elevación del revenimiento de 7.5 a 20 cm, permaneciendo la mezcla cohesiva. El concreto resultante se puede colocar con poca o sin ninguna compactación y no está sujeto a exceso de sangrado o de segregación.
- Tipo G Reductores de agua de alto rango y retardantes: Este aditivo combina las propiedades de los aditivos tipo F y B.

Por otro lado, existen también otros materiales conocidos como adiciones, dentro de las cuales están las puzolanas y las escorias de alto horno, mismas que funcionan como aglutinantes al reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio. Asimismo se tienen materiales finamente divididos considerados inertes, como lo son polvos de agregados y cal hidratada.

Cabe destacar que en el programa de cómputo para diseño de mezclas no se ha considerado el empleo de ningún tipo de aditivo, por lo que aquellas dosificaciones que contemplen su uso deberán considerar la realización de mezclas de prueba.



## 2. MÉTODOS DE DOSIFICACIÓN

En el medio de la construcción en México se emplean diversos métodos de diseño de mezclas de concreto normal, incluso las empresas premezcladoras han desarrollado su propia metodología, sobre todo para obtener el máximo ahorro en el consumo de cemento.

La mayoría de los métodos de dosificación se basan en dos procedimientos generales: la determinación del contenido de vacíos de los agregados combinados y mediante el empleo de factores empíricos.

En el primer grupo podemos citar el método de peso volumétrico máximo de grava y arena que describe el Manual de Tecnología del Concreto (Sección 4), el cual consiste en determinar experimentalmente la combinación porcentual de grava y arena que ofrece el máximo peso volumétrico (mínimo contenido de vacíos), obteniendo el volumen de la pasta a través del cálculo de los vacíos y luego el del agua y cemento por la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia requerida. El procedimiento propuesto por el cubano Vitervo O'reilly es muy parecido, también recomienda la combinación grava/arena que proporcione el menor contenido de vacíos, difiere en el cálculo del contenido del cemento y del agua, los cuales se determinan mediante factores que dependen de la relación agua/cemento y de la consistencia deseada en la mezcla.

El método del ACI y el método británico usan, en términos generales, factores empíricos para el diseño de mezclas, en los cuales se determinan primero el agua de la mezcla de acuerdo con el revenimiento y el tamaño máximo del agregado, y después la cantidad de la grava, para el caso del ACI, o de la arena, para el método británico; el último de los componentes se calcula por diferencia.

En nuestro país, por nuestra cercanía con los Estados Unidos, las normas y métodos del American Concrete Institute ejercen una importante influencia en las prácticas de construcción. Por esta razón el

desarrollo del programa de cómputo para diseño de mezclas de concreto normal contempla el método del informe ACI 211.1-91, además del método del mínimo contenido de vacíos del manual de Comisión Federal de Electricidad.

## 2.1 MÉTODO ACI

Este procedimiento incluye siete pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal y cuyas cantidades serán suficientes para ocupar un metro cúbico. Posteriormente se harán los ajustes necesarios por humedad y absorción para realizar la mezcla de prueba.

El primer paso contempla la selección del revenimiento. Cuando éste no se especifica, el informe del ACI incluye una tabla en la que se recomiendan diferentes valores de revenimiento de acuerdo con el tipo de construcción que se requiera. Los valores son aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto, en caso contrario dichos valores deben ser incrementados en dos y medio centímetros.

La elección del tamaño máximo del agregado, segundo paso del método, debe considerar la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permita que el concreto sea colado sin cavidades o huecos.

La cantidad de agua que se requiere para producir un determinado revenimiento depende del tamaño máximo, de la forma y granulometría de los agregados, de la temperatura del concreto, de la cantidad de aire incluido y del uso de aditivos químicos. Como tercer paso, el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del revenimiento requerido y el tamaño máximo del agregado. Simultáneamente, en este punto se obtiene el contenido de aire en función del tamaño nominal.

Como cuarto paso, el ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a la edad de 28 días que se requiera; por supuesto, la resistencia promedio (fcr) seleccionada debe exceder la resistencia especificada



(f'c) con un margen suficiente para mantener dentro de los límites especificados. En un apartado de la misma tabla aparecen los valores de la relación agua/cemento para casos de exposición severa.

El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua, determinada en el paso tres, y la relación agua/cemento, obtenida en el paso cuatro; cuando se requiera un contenido mínimo de cemento o los requisitos de durabilidad lo especifiquen, la mezcla se deberá basar en un criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento; esta parte constituye el quinto paso del método.

Para el sexto paso del procedimiento, el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto; los valores dependen del tamaño máximo nominal de la grava y del módulo de finura de la arena. El volumen de agregado se muestra en metros cúbicos con base en varillado (compactado) en seco para un metro cúbico de concreto; el volumen se convierte a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso volumétrico de varillado en seco.

Con este último paso se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia. Para este séptimo paso, es posible emplear cualquiera de los dos procedimientos siguientes: por peso o por volumen absoluto.

Hasta el paso anterior se considera que ya se tiene la dosificación base para un metro cúbico, posteriormente al ajustar las mezclas por humedad de los agregados, el agua que se añade a la mezcla se debe reducir en cantidad igual a la humedad libre contribuida por el agregado, es decir, humedad total menos absorción. Con este paso estamos en condiciones de llevar a cabo nuestra mezcla de prueba.

En el momento de fabricar nuestra mezcla de prueba, se deberá verificar el peso volumétrico del concreto, su contenido de aire, la trabajabilidad apropiada mediante el revenimiento y la ausencia de segregación y sangrado, así como las propiedades de acabado. Lo anterior servirá para hacer las correcciones por diferencias en el revenimiento, en el contenido de aire o en el peso unitario del concreto; precisamente a este respecto, el informe ACI 211.1-91 proporciona una serie de recomendaciones que ajustan la mezcla de prueba hasta lograr las propiedades especificadas en el concreto.

## 2.2 MÉTODO DE CONTENIDO MÍNIMO DE VACÍOS

Una vez que se han determinado las características granulométricas de los agregados y el tamaño máximo de la grava, el siguiente aspecto por definir es el que se refiere a la adecuada combinación de la grava y la arena. Un procedimiento apropiado es la obtención del mínimo contenido de vacíos en los agregados combinados.

La forma práctica para encontrar el mínimo contenido de vacíos consiste en determinar experimentalmente el cambio del peso volumétrico compactado de los agregados combinados, variando la proporción relativa entre grava y arena hasta establecer la proporción relativa que produce el máximo peso volumétrico, esto es, el mínimo contenido de vacíos. Esta determinación se basa en el método de prueba ASTM-C-29, es de ejecución sencilla y se recomienda cuando se emplean agregados con tamaño máximo hasta 40 mm. El presente programa de cómputo ofrece esta posibilidad.

El método produce el mejor acomodo de partículas para dar el mínimo contenido de vacíos en la mezcla seca de agregados compactos y a su favor puede decirse que en su ejecución quedan implícitamente comprendidos los efectos inherentes a la forma y textura superficial de las partículas, además del tamaño máximo y la granulometría de los agregados.

Si partimos de que el peso volumétrico compactado de la combinación seca de grava y arena representa el contenido en peso de ambos agregados en el volumen unitario de concreto, se puede admitir que los espacios vacíos complementarios corresponden al espacio disponible para ser ocupado por la pasta de cemento y el aire incluido naturalmente atrapado.

El método de cálculo consiste en determinar, en primer lugar, la combinación de agregados que produce el peso volumétrico máximo con el procedimiento descrito en los párrafos anteriores, al igual que todas las propiedades de los materiales a emplear, especialmente las de los agregados (peso específico, módulo de finura, granulometría, densidades, etc.).

El siguiente paso consiste en calcular el peso de la grava y el de la arena empleando el peso volumétrico máximo y los porcentajes de cada uno de ellos; después se convierten estos pesos en volúmenes absolutos por metro cúbico de concreto, de tal forma que al sumar dichos volúmenes ahora tendríamos el volumen absoluto de la grava y de

la arena y por diferencia se tendría el volumen de la pasta de cemento y del aire incluido.

Para calcular las cantidades de agua y cemento requeridas es conveniente establecer la resistencia a la compresión ( $f_{cr}$ ) y si el concreto requiere aire incluido o no, de tal forma que con esos datos se obtienen de las tablas del informe ACI 211.1-91 la relación agua/cemento y el porcentaje de aire incluido de acuerdo con las especificaciones del concreto en cuanto a resistencia, tamaño máximo del agregado y condiciones de exposición.

El porcentaje de aire incluido obtenido de las tablas, convertido a volumen unitario, se resta del volumen de la pasta de cemento y aire incluido estimado anteriormente, y con esto obtenemos sólo el volumen de la pasta; este dato se separa en los volúmenes absolutos de cemento y de agua empleando la relación agua/cemento, convertida a volumen, y las densidades de ambos materiales.

Finalmente, las cantidades de los componentes para realizar la mezcla de prueba inicial se tabulan en peso y en volumen absoluto. La elaboración de la mezcla de prueba y el cálculo de correcciones se realizan con el mismo procedimiento descrito en la parte final del método del ACI.

## 2.3 EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS

En general las mezclas de concreto diseñadas por el método de contenido mínimo de vacíos suelen manifestar reducida trabajabilidad, porque la obtención de esta característica usualmente demanda un cierto exceso de mortero con respecto al que se obtiene con el mínimo consumo de pasta. Bajo tal consideración, se espera que al elaborar la mezcla de prueba inicial mediante este procedimiento la mezcla resultante exhiba poca trabajabilidad, por lo que deben de efectuarse los ajustes correspondientes hasta obtener las propiedades deseadas en el concreto.

Por el contrario, las mezclas diseñadas por el método ACI tienden a ser más trabajables; esto se debe a que la proporción de grava compactada se determina en función del tamaño máximo del agregado y del módulo de finura de la arena, y no se hace distinción entre agregados naturales o triturados.

Puede afirmarse que con el procedimiento de mínimos vacíos se obtienen mezclas de concreto con arena en defecto, mientras que el método del ACI produce mezclas de concreto con arena en exceso.

Esta peculiaridad de los métodos de dosificación es muy importante para aquellos que apenas se inician en el conocimiento sobre diseño de mezclas de concreto o para los productores de concreto en obra que no disponen de métodos apropiados a la mano, ya que pueden decidir sobre el empleo de uno u otro método los requerimientos de su proyecto.

En general, cuando se busca bajo consumo de cemento y menos trabajabilidad con ajustes a la mezcla de prueba, se recomienda el método de contenido mínimo de vacíos; cuando se desea buena trabajabilidad y pocos ajustes a la mezcla de prueba, pero mayor consumo de cemento, el método a emplear es el de factores empíricos del ACI.

## 3. MANUAL DEL USUARIO

### 3.1 REQUISITOS MÍNIMOS DEL SISTEMA

- Procesador 486 o superior
- 20 MB de espacio libre en disco duro
- 16 MB de memoria RAM
- Sistema Operativo Windows 95 o posterior
- Resolución mínima de 800 X 600 (resolución recomendada)

### 3.2 GUÍA DE INSTALACIÓN

Simplemente inserte el CD del programa DM 1.0 en la unidad de disco compacto de su computadora. Si su unidad de CD es de auto arranque, espere a que inicie el proceso de instalación y siga las instrucciones en pantalla.

Si su unidad de CD no es de auto arranque, en el menú Inicio de Windows seleccione la opción Ejecutar, y en el cuadro que aparece, seleccione Examinar para que usted mismo pueda localizar el archivo SETUP.EXE que se encuentra directamente en el CD de instalación. Haga doble clic en este archivo para que comience el proceso de instalación y siga las instrucciones en pantalla.

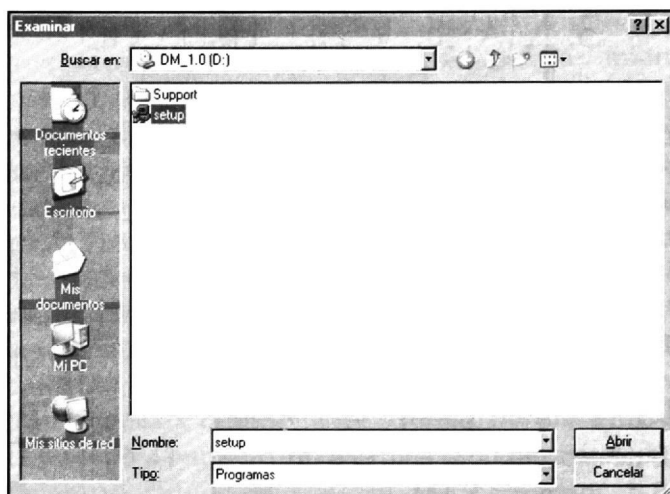


Figura 3.1 Ejecución del archivo Setup.EXE

Dependiendo de la configuración de su sistema operativo, una vez que el proceso de instalación ha iniciado, quizá sea necesario reiniciar el sistema para actualizar algunos archivos útiles para el programa **DM 1.0**; en tal caso, el programa de instalación le solicitará que reinicie el sistema mediante la aparición de un cuadro de texto, y que vuelva a ejecutar nuevamente el proceso de instalación después de reiniciar la computadora.

De no ser necesaria dicha actualización, el proceso se llevará a cabo sin solicitarle que reinicie la computadora, y al final del mismo verá un mensaje en que se confirma que la instalación del programa ha terminado satisfactoriamente. Luego de esto, retire el CD de instalación de su unidad.

El programa aparecerá en la carpeta *Programas* del menú inicio, en una sub carpeta denominada **DM 1.0**, la cual contiene el acceso directo del ejecutable también llamado **DM 1.0**

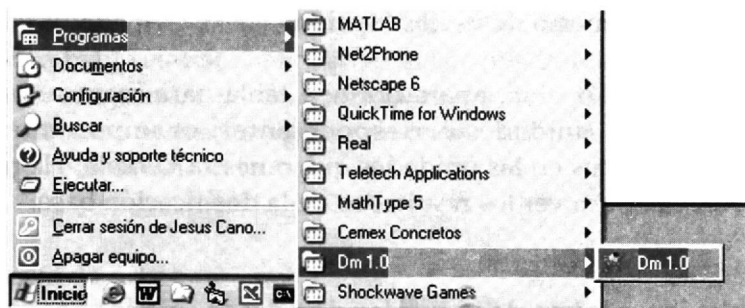


Figura 3.2 Ubicación del archivo ejecutable

### 3.3 USO DEL PROGRAMA DM 1.0

El programa realiza básicamente dos tipos de dosificaciones:

- Método de contenido mínimo de vacíos ó peso volumétrico máximo (PVM)
- Método del ACI

La pantalla principal del programa muestra una barra de herramientas para que usted seleccione el método deseado; además, en el menú Opción también puede hacer la selección que desee. Como se describe en el capítulo dos, el método PVM tiene la posibilidad de seleccionar valores a usarse en la dosificación base partiendo de una gráfica de peso volumétrico contra relación grava-arena, la cual se traza con valores obtenidos experimentalmente; puede acceder a esta opción desde el sub menú *Mínimos vacíos*, seleccionando la opción *Desde gráfico*.

Se brinda la opción de imprimir cualquier cuadrícula de resultados directamente en la impresora o bien guardar los datos y resultados en un archivo de texto; en las secciones 3.4 y 3.5 se da información más detallada al respecto.

A continuación se describe de forma general la operación del programa DM 1.0.

### 3.3.1 Contenido mínimo de vacíos (opción con carga de datos)

Seleccionando esta opción, aparecerá una tabla para ingresar los datos requeridos, en las unidades correspondientes; es importante que se introduzcan los datos en las unidades que muestra la tabla. Haga clic en el botón *Aceptar* para ver los resultados de la dosificación base.

### 3.3.2 Contenido mínimo de vacíos (opción desde gráfico)

Se le pedirá el número de puntos a graficar. Luego, deberá introducir en la tabla correspondiente los valores de porcentaje de grava y porcentaje de arena, así como el peso volumétrico obtenido en laboratorio. Use el botón *Graficar* para ver gráficamente estos puntos; desplace el cursor sobre la gráfica para ver pares de valores de peso volumétrico y relación grava-arena. Haga clic sobre algún punto deseado en el gráfico para poder utilizar esa pareja de valores en la dosificación base. Al pie del gráfico podrán verse los valores seleccionados; en caso de haber más de una pareja de valores, el programa le dará la opción de seleccionar los valores que usted desee utilizar. Haga clic en el botón *Cerrar* para regresar a la tabla principal de datos.

### 3.3.3 Método del ACI

En este método, deberá de introducir algunos otros datos, en los campos que el mismo programa le mostrará. Al seleccionar el *Tamaño máximo nominal* lo podrá hacer de dos formas: valores estándar desde una lista desplegable, o bien según dimensiones conocidas, en cuyo caso el programa le mostrará otra pantalla para que usted introduzca los datos necesarios, y así calcular el tamaño máximo nominal en base a cuatro criterios diferentes, según se explica en el capítulo dos.

Usted puede introducir el valor deseado para la resistencia a compresión  $f'_c$  y el programa calculará la relación agua-cemento correspondiente, o bien el caso inverso, dar el valor de la relación agua-cemento y el programa calculará el valor de  $f'_c$ .



Para el valor del revenimiento, puede introducirse directamente el valor numérico, o bien seleccionarse *Por el tipo de construcción*, caso en que el programa le mostrará una tabla para que seleccione el valor apropiado.

Completados todos los datos, utilice el botón *Aceptar* para ver los resultados de la dosificación base.

### 3.3.4 Mezcla de prueba

Una vez realizada la dosificación base por cualquiera de los métodos descritos, el programa le dará la opción de realizar una mezcla de prueba con sólo hacer clic en el botón del mismo nombre. Deberá introducir entonces los datos necesarios de los materiales, e indicarle al programa la cantidad de concreto a fabricar; pueden ser cilindros de 15 X 30 cm, cilindros de 10 X 20 cm, una combinación de ambos o alguna otra cantidad cualquiera que usted especifique en decímetros cúbicos; puede seleccionar un porcentaje de incremento en el volumen por si a caso usted desea tomar en cuenta una cantidad de desperdicio o simplemente una cantidad adicional. Con el botón *Aceptar* podrá ver los resultados correspondientes.

Utilice el botón *Cerrar* para regresar a la pantalla principal del programa.

### 3.3.5 Cálculo de rendimientos

Después de realizar la mezcla de prueba, usted puede realizar el cálculo correspondiente a los rendimientos de la misma. Seleccione *Rendimientos de la mezcla de prueba* del menú *Opción*, y aparecerá una tabla con los datos cargados correspondientes a la última mezcla de prueba realizada. No obstante, los datos pueden modificarse o bien introducir datos diferentes. Introduzca los datos adicionales necesarios que se solicitan en el cuadro de la derecha. No olvide tomar en cuenta las unidades en que se le solicitan los datos. Con el botón *Aceptar* podrá ver los resultados correspondientes. Utilice el botón *Cerrar* para regresar a la pantalla principal del programa.

### 3.3.6 Dosificación de campo por peso

Se selecciona desde el sub menú *Por peso*, dentro del menú *Dosificación de campo*, en el menú general *Opción*.

Aparecerán cargados los datos del último cálculo de rendimientos, pero al igual que en el caso anterior, los datos pueden modificarse según sea necesario. Con el botón *Aceptar* podrá ver los resultados correspondientes. Utilice el botón *Cerrar* para regresar a la pantalla principal del programa.

### 3.3.7 Dosificación de campo por volumen

Se selecciona desde el sub menú *Por volumen*, dentro del menú *Dosificación de campo*, en el menú general *Opción*.

Aparecerán cargados los datos del último cálculo de rendimientos, pero al igual que en el caso anterior, los datos pueden modificarse según sea necesario. Con el botón *Aceptar* podrá ver los resultados correspondientes. Utilice el botón *Cerrar* para regresar a la pantalla principal del programa.

## 3.4 GUARDAR ARCHIVOS

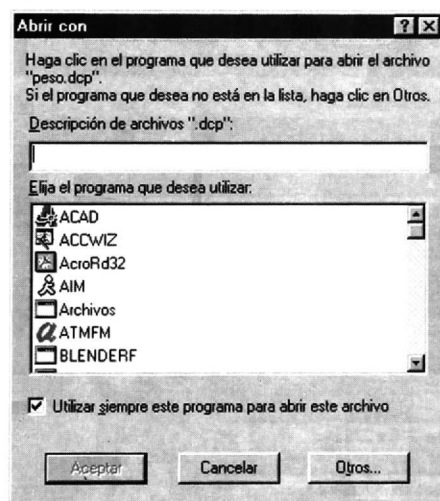
Todas las posibilidades de cálculo que ofrece el programa DM 1.0 puede ser almacenadas en un archivo de texto, el cual podrá usted manipular a su gusto, es decir, editar, dar formato, copiar, abrir en otra aplicación, imprimir, etcétera. Simplemente seleccione la opción *Guardar* del menú *Archivo*, y aparecerá el cuadro de diálogo tradicional de *Windows* para que usted especifique el nombre del archivo y la carpeta en donde desea guardarlo.

Dependiendo del contenido de cada archivo, el programa le asocia una extensión. En la siguiente tabla se dan las extensiones correspondientes a cada tipo de archivo.

**Tabla 3.1 Extensiones asociadas  
por tipo de archivo de resultados**

Tipo de archivo	Extensión asociada
Resultados de la dosificación base	rdp
Mezcla de prueba	mzp
Cálculo de rendimientos	rnd
Dosificación de campo por peso	dcp
Dosificación de campo por volumen	dcv

Para abrir cualquiera de estos archivos, desde el *Explorador de Windows* seleccione el archivo en cuestión; al hacer clic secundario con el ratón, aparecerá un menú desplegable, en el cual deberá seleccionar la opción *Abrir con* para que aparezca una ventana similar a la siguiente, dependiendo de su sistema operativo:



**Figura 3.3 Abrir archivos de resultados**

2893992

Seleccione algún programa de la lista; se recomienda utilizar el *Bloc de notas*, o algún otro editor de textos de su preferencia. Con este editor de textos se recomienda usar el tipo de letra *Courier New* tamaño 10. Puede activar la opción *Utilizar siempre este programa para abrir este archivo* para que en sesiones posteriores abra el archivo directamente

desde el *Explorador de Windows* haciendo doble clic. Los archivos generados por el programa también pueden ser abiertos en programas como *Word* y *Excel* para posibles modificaciones.

### 3.5 IMPRESIÓN DE RESULTADOS

Si desea mandar a la impresora alguno de los cálculos efectuados con el programa DM 1.0, seleccione la opción *Imprimir* del menú *Archivo*, y aparecerá una vista previa de los datos y resultados en pantalla. Antes de realizar esto, usted podrá seleccionar el tipo y tamaño de letra que prefiera para su impresión en papel, seleccionando el menú *Fuente* en la pantalla que visualiza las cuadrículas de resultados.

Estando en la *Vista previa*, seleccione *Cancelar* si desea modificar algún parámetro, o bien la opción *Imprimir*, con lo que aparecerá el cuadro de impresión correspondiente a la impresora que usted tenga instalada:

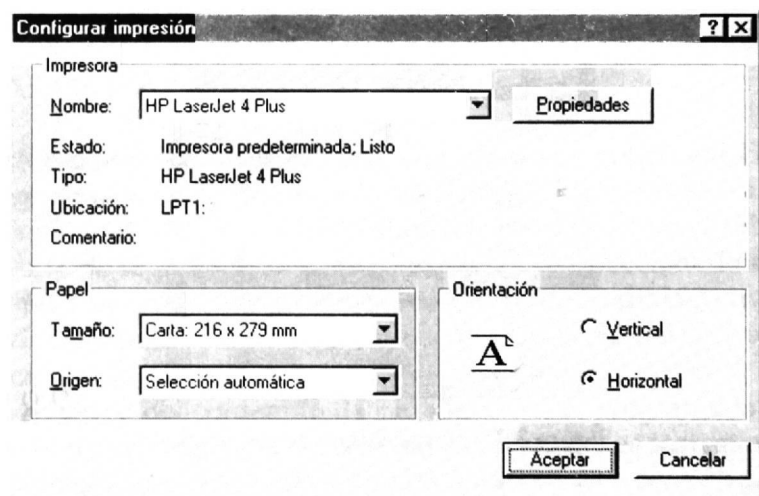


Figura 3.4 Cuadro de diálogo Configurar impresora

En este cuadro usted puede configurar las propiedades de impresión definitiva, es decir tamaño y orientación del papel, calidad de impre-

sión, número de copias, etcétera. Se recomienda utilizar papel tamaño carta, con orientación horizontal, y tipo de letra *Arial* tamaño 8 para la impresión final. Lo anterior por la propia naturaleza y tamaño de las tablas generadas por el programa.

### 3.6 USO DE LA AYUDA

El programa sigue todas las convenciones del ambiente *Windows*, es decir, menús, iconos gráficos, teclas de acceso directo, etcétera. Puede disponer de *Ayuda en línea*, ya que al pulsar el botón derecho del ratón sobre cualquier control del programa se desplegará texto de ayuda correspondiente al contexto. También puede consultar el archivo de ayuda presionando la tecla *F1* desde cualquier parte del programa.

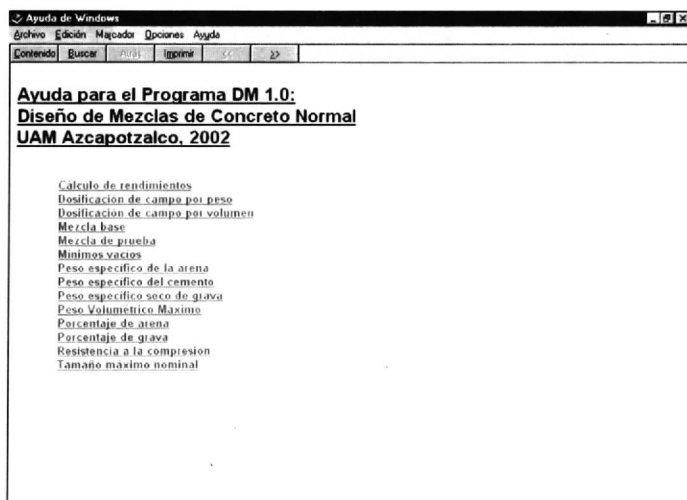


Figura 3.5 Ventana de ayuda

### 3.7 DESINSTALACIÓN DEL PROGRAMA

Para desinstalar **DM 1.0** permanentemente de su computadora, vaya al *Panel de control* de *Windows*; seleccione *Agregar o quitar programas*, y aparecerá una lista de los programas que tenga instalados en su ordenador. Busque **DM 1.0**, selecciónelo y haga clic en el botón *Agregar o quitar*, y siga las instrucciones en pantalla.

No obstante, podrá volver a instalar el programa en el momento que usted decida hacerlo.

## 4. EJEMPLOS

### 4.1 PANTALLAS DE INICIO

En la figura 4.1 se tiene la pantalla de inicio del programa de diseño de mezclas. Como podemos ver, aparece el logotipo de la Universidad Autónoma Metropolitana, el nombre del programa y el nombre de los autores.

Asimismo, aparece el botón *Aceptar*; al hacer clic en él nos dará acceso a la pantalla principal, donde aparecen los iconos relacionados con las diferentes tareas.

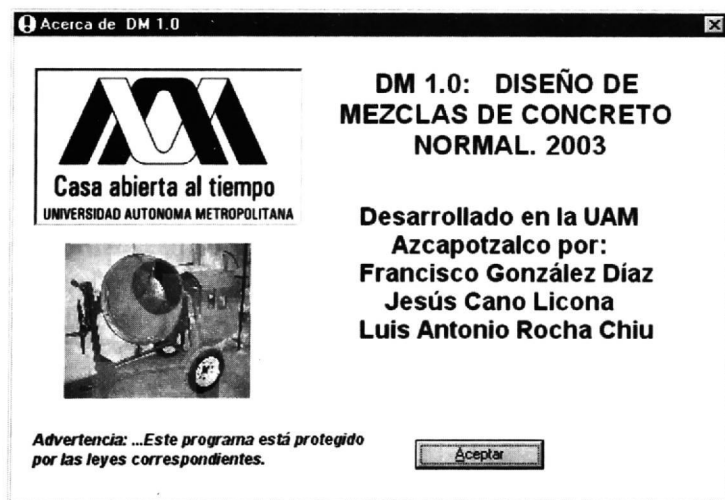






Figura 4.1 Pantalla de inicio del programa *DM 1.0*


En la figura 4.2 se presenta la pantalla principal de tareas, en donde tenemos todos los iconos relacionados con éstas; a continuación se describirá cada una de ellas:


 Este icono tiene la tarea de diseñar una mezcla de concreto por el *Método del ACI 211.1*. Este es el método que tradicionalmente se enseña en la carrera de Ingeniería Civil de la UAM-Azcapotzalco.


 Icono para el diseño de mezclas por el *Método de los mínimos vacíos*.


 Icono para graficar los datos resultantes de las combinaciones de grava y arena contra peso volumétrico, los cuales son obtenidos en el laboratorio. Esta opción nos brinda la oportunidad de poder escoger una combinación de grava y arena en función del peso volumétrico combinado. En otras palabras, tenemos la opción de elegir entre una mezcla "arenosa" o una mezcla con dominio de grava (rígida). Además, se puede elegir un concreto en función de su peso volumétrico.

 *Cálculo de rendimientos*. Este icono tiene la función de calcular los valores reales de nuestra mezcla de prueba. Para poder utilizar esta tarea es necesario tener los datos experimentales de la mezcla hecha en laboratorio.

 *Dosificación de campo por peso*. Teniendo la dosificación base del concreto que se va a usar definitivamente, es necesario hacer el presente cálculo para empezar la producción en serie. Este procedimiento se usa cuando se cuenta con una planta dosificadora en la que se tienen básculas precisas.

 *Dosificación de campo por volumen*. Este tipo de dosificación se usa cuando los implementos de trabajo son sencillos, como por ejemplo una revolvedora tipo trompo, botes de 18 litros, carretillas y palas. Se considera un método no preciso.

 *Ayuda del programa*. Aquí se tienen los términos, definiciones y recomendaciones sobre las tareas del programa.

 *Salir del programa*. Es recomendable utilizarlo siempre para terminar en forma adecuada el programa de mezclas *DM 1.0*.



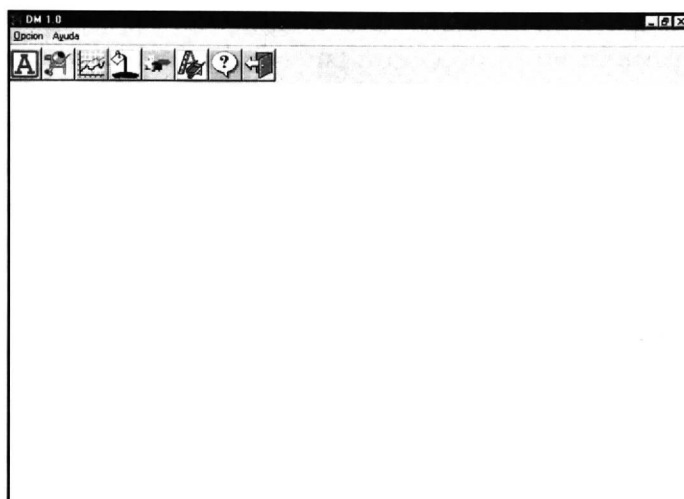


Figura 4.2 Pantalla principal del programa DM 1.0

## 4.2 MÉTODO ACI

### 4.2.1 Dosificación base

Las características que le pedimos a nuestro concreto es una resistencia  $f_{cr} = 280 \text{ kg/cm}^2$ , con un revenimiento de 12 cm y un tamaño nominal de 38 mm ( $1\frac{1}{2}''$ ), para lo cual contamos con una grava que reúne el requisito. Por otro lado se necesitan también los datos característicos de los materiales (grava y arena), mismos que se determinaron previamente en el laboratorio y que se muestran en la tabla 1:

Tabla 4.1 Datos para ejemplo, Método ACI

Material	Pesss ( $\text{kg/dm}^3$ )	Absorción (%)	Humedad (%)	PVS ( $\text{kg/m}^3$ )	PVC ( $\text{kg/m}^3$ )	
Grava	2.72	1.0	0.8	1318	1364	T.N.= 38 mm
Arena	2.33	9.41	4.5	1226	1240	M.F.=3.79
Cemento	Pe = 3.1					

Es preciso señalar que en la tabla anterior tenemos más datos de los que se usarán en el procedimiento de la dosificación base, pero cabe aclarar que posteriormente serán utilizados para el cálculo de la *Mezcla de prueba*, *Cálculo de rendimientos*, *Dosificación de campo por peso* y *Dosificación de campo por volumen*. Aunque esta es una secuencia lógica y recomendable de cálculo, no es indispensable seguir dicho orden para el programa; usted puede realizar cualquiera de los cálculos, en cualquier instante y con los datos que le sean necesarios.

En la figura 4.3 tenemos la pantalla principal, señalando el icono que nos permitirá iniciar el cálculo de la dosificación base. Al seleccionar el anterior icono se desplegará la primera pantalla (figura 4.4), en la cual se cargarán los datos necesarios para el diseño de la mezcla. Los datos que hay que ingresar están separados en diferentes campos.

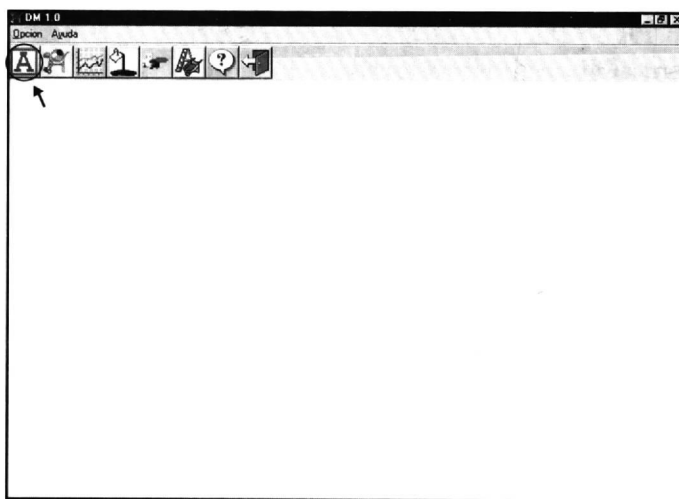


Figura 4.3 Pantalla de inicio para el diseño de mezclas por el Método del ACI

Método del ACI

Fuente Ayuda

Datos de los materiales	
Peso específico del cemento ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )	
Peso específico seco de la grava ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )	
Peso volumétrico suelto de la grava ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )	
Peso específico seco de la arena ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )	
Módulo de finura de la arena	

Tamaño máximo nominal

☐ Según dimensiones conocidas

☒ Valor estándar 30.0 mm (1 1/2 in)

Relación agua cemento

☐ Hacer a/c, dado f'c  $f'_c$  ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

☐ Hacer f'c, dado a/c

Elección del revenimiento (cm)

☐ Por tipo de construcción

☐ Otro

Corrección al agregado grueso

☐ No reducir

☐ Reducir (%)

☐ Aumentar (%)

Tipo de concreto

☒ Sin aire ☐ Con aire

Aceptar

Figura 4.4 Pantalla para carga de datos del Método ACI

En el campo *Datos de los materiales* se introducirán los valores del peso específico del cemento, módulo de finura de la arena y peso volumétrico suelto de la grava, los cuales son datos tomados de la tabla 4.1 para este ejemplo. Los pesos específicos secos de la arena y grava se pueden obtener de la absorción (Abs) y del peso específico saturado superficie seca (Pesss) de los agregados. Cargados los datos mencionados, la tabla se vería como en la figura 4.5.

Método del ACI

Fuente Ayuda

Datos de los materiales	
Peso específico del cemento ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )	3.1
Peso específico seco de la grava ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )	2.7
Peso volumétrico suelto de la grava ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )	1316
Peso específico seco de la arena ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ )	2.1
Módulo de finura de la arena	3.78

Tamaño máximo nominal

☐ Según dimensiones conocidas

☒ Valor estándar 30.0 mm (1 1/2 in)

Relación agua cemento

☐ Hacer a/c, dado f'c  $f'_c$  ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

☐ Hacer f'c, dado a/c

Elección del revenimiento (cm)

☐ Por tipo de construcción

☐ Otro

Corrección al agregado grueso

☐ No reducir

☐ Reducir (%)

☐ Aumentar (%)

Tipo de concreto

☒ Sin aire ☐ Con aire

Aceptar

Figura 4.5 Pantalla con datos cargados en el campo *Datos de los materiales*

Para elegir el *Tamaño máximo nominal*, tenemos dos opciones: *Según dimensiones conocidas* o por *Valor estándar*; para efectos del presente ejercicio se elegirá la segunda opción, ya que del análisis granulométrico de la grava se sabe que el tamaño nominal es igual a 38 mm (ver figura 4.6).

Método del ACI

Fuente: Ayuda

Botón de los materiales

Peso específico del cemento (Kg/dm³)	3.1
Peso específico seco de la grava (Kg/dm³)	2.7
Peso volumétrico suelto de la grava (Kg/dm³)	1318
Peso específico seco de la arena (Kg/dm³)	2.1
Módulo de finura de la arena	3.79

Tamaño máximo nominal

☐ Según dimensiones conocidas

☒ Valor estándar

9.5 mm (3/8 in)

12.5 mm (1/2 in)

19.0 mm (3/4 in)

25.0 mm (1 in)

37.5 mm (1 1/2 in)

50.0 mm (2 in)

Relación agua cemento

☒ Hacer a/c dado f'c

☐ Hacer f'c dado a/c

Elección del revenimiento (cm)

☐ Por tipo de construcción

☒ Otro

Corrección al agregado grueso

☐ No reducir

☒ Reducir (%)

☐ Sumar (%)

10

Tipo de concreto

☒ Sin aire

☐ Con aire

Aceptar

Figura 4.6 Pantalla para elegir el *Tamaño máximo nominal* por *Valor estándar*

En el caso de que se conozcan las dimensiones de los elementos a colar (losa, columna, trabe, etc.), entonces accederemos al campo respectivo, es decir, *Según dimensiones conocidas*. Es preciso señalar que la mecánica de esta opción consiste en elegir la separación más pequeña, ya que tenemos que garantizar el paso del concreto por la dimensión más crítica del elemento (ver figura 4.7 y 4.8).

Cálculo del tamaño máximo nominal según dimensiones conocidas

☐ Dimensión menor entre cimbras (cm)

Calcular

☐ Espesor de la losa (cm)

☒ Espacio mínimo entre varillas (cm)

3

Aceptar

☐ Espacio mínimo entre cimbra y varilla (cm)

Cancelar

Figura 4.7 Pantalla para elegir el *Tamaño máximo nominal* con la opción *Según dimensiones conocidas*

Introduzca uno o mas de los datos solicitados, haga clic en el botón *Calcular*, y aparecerá el valor correspondiente al *Tamaño máximo nominal* adecuado. En caso de que resulte un valor más grande que el máximo valor estándar o más pequeño que el mínimo valor estándar, verá un cuadro como el de la figura 4.8, según corresponda.

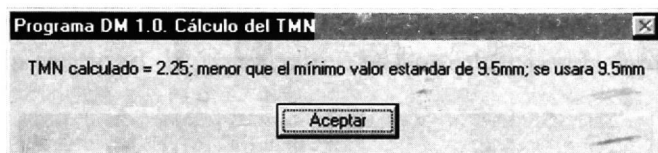


Figura 4.8 Ejemplo de pantalla final del cálculo del tamaño nominal  
*Según dimensiones conocidas*

En el campo *Relación agua-cemento* tenemos dos opciones: por una parte, introduciendo la resistencia necesaria para nuestro concreto (incluir la resistencia de sobre diseño  $f_{cr}$ ), y por otro lado conociendo la relación  $a/c$  de acuerdo al grado de durabilidad deseado. Para el caso de nuestro ejemplo supondremos una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  (ver figura 4.9). En el caso de que se use la opción por la relación  $a/c$ , el programa obtendrá automáticamente la resistencia que le corresponda, es decir el esfuerzo deseado; además dicho valor estará afectado por el parámetro de aire (incluido y no incluido).

Peso específico del cemento ( $\text{Kg/m}^3$ )	3.1
Peso específico seco de la grava ( $\text{Kg/m}^3$ )	2.7
Peso volumétrico suelto de la grava ( $\text{Kg/m}^3$ )	1318
Peso específico seco de la arena ( $\text{Kg/m}^3$ )	2.1
Módulo de fluencia de la arena	3.79

**Tamaño máximo nominal**

☐ Según dimensiones conocidas

☒ Valor estándar 38.0 mm (1 1/2 in)

**Relación agua-cemento**

☒ Hacer  $f'c$  dado  $f'c$  280

☐ Hacer  $f'c$  dado  $a/c$

**Corrección al agregado grueso**

☐ No reducir

☐ Reducir (%) 0

☐ Aumentar (%)

**Tipo de concreto**

☒ Sin aire ☐ Con aire

**Elección del revestimiento (cm)**

☐ Por tipo de construcción

☒ Otro  

Figura 4.9 Pantalla para capturar la resistencia a compresión

En el caso de la *Elección del revenimiento*, podemos elegirlo *Por tipo de construcción* y/o elemento estructural a colar, o bien elegir cualquier otro valor. En nuestro ejemplo el revenimiento ya está dado como un dato y es igual a 12 cm (ver figura 4.10). En el caso de que la *Elección del revenimiento* esté en función del tipo de construcción, entonces se mostrará una ventana como la de la figura 4.11, en la cual podremos elegir el valor de interés.

**Método del ACI**

Estado: Guardar

Datos de los materiales	
Peso específico del cemento (Kg/dm³)	3.1
Peso específico seco de la grava (Kg/dm³)	2.7
Peso volumétrico suelto de la grava (Kg/dm³)	1318
Peso específico seco de la arena (Kg/dm³)	2.1
Módulo de fluencia de la arena	3.79

**Tensión máxima nominal**

☐ Según dimensiones conocidas

☒ Valor estándar: 38.0 mm (1 1/2 in)

**Corrección al agregado grueso**

☐ No reducir

☒ Reducir (%): 10

☐ Aumentar (%)

**Relación agua cemento**

☒ Igual al dado f'c: f'c, Kg/cm²: 280

☐ Hacer f'c, dado al/c

**Tipo de concreto**

☒ Sin aire

☐ Con aire

**Elección del revenimiento (cm)**

☒ Por tipo de construcción

☐ Otro: 12

Aceptar

Figura 4.10 Pantalla para introducir el valor del revenimiento

Tabla 6.3.1: Elección de revenimiento

Revenimiento en cm, según el tipo de construcción

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	MÁXIMO	MÍNIMO
Muros de cimentación y zapatas	7.5	2.5
Zapatas, cajones de cimentación, y muros de sub estructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

Aceptar

Figura 4.11 Pantalla de *Elección de revenimiento* en función del tipo de construcción

El campo de *Corrección al agregado grueso* se usará cuando la grava con la que se va a elaborar el concreto sea muy angulosa (producto de la trituración); en consecuencia, la fricción entre partículas aumentará, provocando una mezcla demasiado rígida. Por ello, es recomendable reducir la cantidad de grava obtenida del cálculo en un cierto porcentaje. Como muestra la figura 4.12, seleccione un valor de la lista desplegable, o bien teclee otro valor. Para el caso del presente ejercicio no habrá necesidad de reducir la cantidad de grava, como se ejemplifica en la figura 4.13.

Metodo del ACI

Inicio Ayuda

Datos de los materiales	
Peso específico del cemento (Kg/dm³)	3.1
Peso específico seco de la grava (Kg/dm³)	2.7
Peso volumétrico suelto de la grava (Kg/dm³)	1318
Peso específico seco de la arena (Kg/dm³)	2.1
Módulo de finura de la arena	3.79

Tamaño máximo nominal

☐ Según dimensiones conocidas

☒ Valor estándar 30.0 mm (1 1/2 in)

Relación agua cemento

☒ Hacer a/c dado f'c f'c Kg/cm² 280

☐ Hacer f'c dado a/c

Elección del reemplazo (cm)

☐ Por tipo de construcción

☒ Otro 12

Corrección al agregado grueso

☐ No reducir

☒ Reducir (%) 10

☐ Aumentar (%)

Tipo de concreto

☒ Seco aire

☐ Con aire

Aceptar

Figura 4.12 Cuadro de Corrección al agregado grueso: Reducir

Metodo del ACI

Inicio Ayuda

Datos de los materiales	
Peso específico del cemento (Kg/dm³)	3.1
Peso específico seco de la grava (Kg/dm³)	2.7
Peso volumétrico suelto de la grava (Kg/dm³)	1318
Peso específico seco de la arena (Kg/dm³)	2.1
Módulo de finura de la arena	3.79

Tamaño máximo nominal

☐ Según dimensiones conocidas

☒ Valor estándar 30.0 mm (1 1/2 in)

Relación agua cemento

☒ Hacer a/c dado f'c f'c Kg/cm² 280

☐ Hacer f'c dado a/c

Elección del reemplazo (cm)

☐ Por tipo de construcción

☒ Otro 12

Corrección al agregado grueso

☒ No reducir

☐ Reducir (%)

☐ Aumentar (%)

Tipo de concreto

☒ Seco aire

☐ Con aire

Aceptar

Figura 4.13 Cuadro de Corrección al agregado grueso: No reducir

Para el campo de *Tipo de concreto* tenemos la opción elegir concreto *Con aire* incluido o *Sin aire* incluido; hay que tomar en consideración que el aire al que se refiere esta parte es el que se puede incluir mediante algún aditivo para prevenir efectos dañinos por el congelamiento del agua dentro de la masa de concreto (*Tipo de exposición*). No hay que confundirlo con el aire naturalmente atrapado producto del tamaño nominal de la grava empleada y/o por la mala consolidación del concreto. En el caso de nuestro ejemplo se hará la corrida con ambas opciones (figuras 4.14 y 4.16); esto será con el fin de observar como es que cambian las cantidades de los materiales dependiendo de si se incluye o no el aire. También se deberá observar el cambio de la relación agua-cemento (a/c), ya que para una misma resistencia a compresión la relación a/c es diferente.

Finalmente tenemos la pantalla de *Resultados de la dosificación base* (figuras 4.15 y 4.17), la cual presenta los datos obtenidos tanto en peso como en volumen; además aparecen las características más importantes de dicha mezcla. Hasta la presente pantalla se considera que el método del ACI termina. El siguiente paso es reproducir la mezcla en el laboratorio (*Mezcla de prueba*) para verificar que efectivamente obtendremos las características y propiedades del concreto que necesitamos.

**Método del ACI**

Fuente Ayuda

Datos de los materiales	
Peso específico del cemento (Kg/dm <sup>3</sup> )	3.1
Peso específico seco de la grava (Kg/dm <sup>3</sup> )	2.7
Peso volumétrico suelto de la grava (Kg/dm <sup>3</sup> )	1.319
Peso específico seco de la arena (Kg/dm <sup>3</sup> )	2.1
Módulo de finura de la arena	3.79

**Tamaño máximo nominal**

☐ Según dimensiones conocidas

☒ Valor estándar: 38.0 mm (1 1/2 in.)

**Relación agua cemento**

☒ Usar a/c dado f'c: f'c (Kg/cm<sup>2</sup>): 280

☐ Haber f'c, dado a/c

**Elección del revestimiento (cm)**

☐ Por tipo de construcción

☒ Otro: 12

**Corrección al agregado grueso**

☒ No reducir

☐ Reducir (%):

☐ Aumentar (%):

**Tipo de concreto**

☒ Sin aire

☐ Con aire

Aceptar

Figura 4.14 Pantalla para elegir *Tipo de concreto: Sin aire*



**Resultados de la dosificación base**

Archivo Fuente Ayuda

Material	Peso(kg)	Vol(litro <sup>3</sup> )
Cemento	355.1	114.5
Grava	805.3	307.2
Arena	813.1	190.0
Agua	190.0	10.0
Aire	0	0.0
<b>Total</b>	<b>2163.5</b>	<b>1000.0</b>

**Características de la mezcla base**

Valor del f'c (kg/cm<sup>2</sup>) **280**

Relación agua / cemento **0.34**

Tamaño máximo nominal (mm) **38.00**

Peso volumétrico teórico del concreto fresco (kg/m<sup>3</sup>) **2163**

Relación grava/arena **1.0**

Revenimiento deseado (cm) **12.0**

Contenido de cemento (kg/m<sup>3</sup>) **355**

Figura 4.15 Pantalla de *Resultados de la dosificación base: Sin aire*

**Módulo del ACI**

Fuente Ayuda

**Datos de los materiales**

Peso específico del cemento (kg/dm <sup>3</sup> )	3.1
Peso específico seco de la grava (kg/dm <sup>3</sup> )	2.7
Peso volumétrico suelto de la grava (kg/dm <sup>3</sup> )	1318
Peso específico seco de la arena (kg/dm <sup>3</sup> )	2.1
Módulo de finura de la arena	3.79

**Tamaño máximo nominal**

☐ Según generaciones conocidas

☒ Valor estándar

**Relación agua cemento**

☒ Hallar a/c dado f'c

☐ Hallar f'c dado a/c

**Elección del revenimiento (cm)**

☐ Por tipo de construcción

☒ Otro

**Corrección al agregado grueso**

☒ No reduce

☐ Reducir (%)

☐ Aumentar (%)

**Tipo de concreto**

☒ Sin aire ☐ Con aire

**Tipo de exposición**

☒ Ligera

☐ Moderada

☐ Severa

Figura 4.16 Pantalla para elegir *Tipo de concreto: Con aire*

14 Resultados de la dosificación base

Archivo Fuente Ayuda

Material	Peso(kg)	Vol.(dm <sup>3</sup> )
Cemento	379.4	122.4
Grava	204.1	286.4
Arena	798.7	380.4
Agua	174.0	174.0
Aire	0	25.0
Total	2157.4	1000.0

Características de la mezcla base

Valor del f' c (kg/cm<sup>2</sup>) 280

Relación agua / cemento 0.46

Tamaño máximo nominal (mm) 38.00

Peso volumétrico teórico del concreto fresco (kg/dm<sup>3</sup>) 2157

Relación gravitatoria 1.0

Revenimiento deseado (cm) 12.0

Contenido de cemento (kg/dm<sup>3</sup>) 379

M. de Prueba

Calcular

Figura 4.17 Pantalla de *Resultados de la dosificación base: Con aire*

Como recordaremos, la resistencia a compresión deseada fue de  $280 \text{ kg/cm}^2$ , por lo tanto es importante hacer notar que para un concreto con aire incluido la relación a/c (0.46) deberá ser más baja que la que se utilice para un concreto sin aire (0.54). La razón de lo anterior es que al tener un concreto más «poroso» tenemos que darle mayor resistencia a la matriz del concreto (pasta endurecida) para resistir mayores esfuerzos.

#### 4.2.2 Mezcla de prueba

(Continuación del ejemplo anterior para concreto sin aire incluido)

Para elaborar nuestra mezcla de prueba, calcularemos los pesos de grava y arena en las condiciones de humedad de los almacenes (datos de la tabla 4.1); además, propondremos un volumen de concreto razonable tal que sea suficiente para llenar nuestros cilindros y para hacer las pruebas necesarias (cohesión, sangrado, revenimiento, etcétera) en el estado fresco.

En la pantalla *Resultados de la dosificación base* haga clic en el botón *M. de Prueba*. En el campo de *Datos necesarios* (ver figura 4.18) los valores se cargarán por el usuario; en este ejemplo se tomarán de la tabla 4.1.

En lo que respecta al volumen a fabricar, se puede estimar de dos formas: la primera es proponer un número de cilindros; además, en caso

de ser necesario, puede incrementarse en un porcentaje (figura 4.19), suficiente para hacer las demás mediciones pertinentes.

The screenshot shows a software window titled "Mezcla de prueba" with a menu bar (Archivo, Fuente, Ayuda). It contains two main sections:

- DATOS NECESARIOS:** A table with 6 rows and 2 columns. The first column lists material properties, and the second column contains numerical values. A circle highlights the first three rows.
 

Humedad de la grava (%)	0.8
Humedad de la arena (%)	4.5
Absorción de la grava (%)	1.0
Absorción de la arena (%)	9.41
Peso de la grava (Kg/dm³)	2.72
Peso de la arena (Kg/dm³)	2.33
- Volumen de concreto a dosificar:** A section with a "Cantidad" label and four checkboxes:
  - ☐ Cilindros de 15 X 30
  - ☐ Cilindros de 10 X 20
  - ☐ Aumentar el volumen en: [ ] %
  - ☐ Otra cantidad

At the bottom are "Aceptar" and "Cancelar" buttons.

Figura 4.18 Ventana para introducir datos en la Mezcla de prueba

This screenshot is similar to the previous one, but with additional changes:

- The "Cantidad" field next to "Cilindros de 15 X 30" now contains the value "12".
- The "Aumentar el volumen en" checkbox is now checked, and its associated input field is highlighted with a circle. The field shows a dropdown menu with values 10, 8, 7, 6, 5, 4, 3, and 2. The value "8" is currently selected.
- A barcode is visible at the bottom of the window with the number "2893992" below it.

Figura 4.19 Campo que indica el aumento en porcentaje del Volumen de concreto a dosificar.

En el caso del ejercicio que se está desarrollando, se considerará que el concreto a producir será el necesario para llenar 12 moldes cilíndricos

(figura 4.20) de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, y no habrá necesidad de incrementar el volumen.

Mezcla de prueba  
Borrador Borrar Agregar

DATOS NECESARIOS	
Humedad de la grava (%)	0.8
Humedad de la arena (%)	4.5
Absorción de la grava (%)	1.0
Absorción de la arena (%)	9.41
Peso de la grava (kg/m³)	2.72
Peso de la arena (kg/m³)	2.33

Aceptar Generar

Volumen de concreto a dosificar

Cantidad

☒ Cilindros de 15 x 30 12

☐ Cilindros de 10 x 20

☐ Aumentar el volumen en 10 %

☐ Otra cantidad

Figura 4.20 Ventana que indica sobre la elección del número de cilindros a colar

Este programa considera explícitamente sólo cilindros de 15 X 30 cm, cilindros de 10 X 20 cm y combinaciones de ambos.

Como una segunda alternativa, en el campo de *Volumen de concreto a dosificar* también tenemos una opción que dice *Otra cantidad*; a este respecto, puede ser que el usuario cuente con moldes de otras dimensiones en el laboratorio, por lo que tendrá que calcular de forma manual el volumen idóneo para llenar sus moldes con el concreto fabricado, y también podrá tomar en cuenta un porcentaje de volumen adicional.

Mezcla de prueba  
Borrador Borrar Agregar

DATOS NECESARIOS	
Humedad de la grava (%)	0.8
Humedad de la arena (%)	4.5
Absorción de la grava (%)	1.0
Absorción de la arena (%)	9.41
Peso de la grava (kg/m³)	2.72
Peso de la arena (kg/m³)	2.33

Aceptar Generar

Volumen de concreto a dosificar

Cantidad

☐ Cilindros de 15 x 30

☐ Cilindros de 10 x 20

☐ Aumentar el volumen en 10 %

☒ Otra cantidad 10 %

Figura 4.21 Ventana que da la opción de escoger *Otra cantidad* de concreto a producir

Finalmente, al hacer clic en el botón *Aceptar* se desplegará el campo de cálculos y resultados, como se observa en la figura 4.22. Las cantidades que aparecen en la última columna (P'h) corresponden a los pesos de materiales que tendremos que mezclar en el laboratorio.

**DATOS NECESARIOS**

Humedad de la grava (%)	0.8
Humedad de la arena (%)	4.5
Absorción de la grava (%)	1.0
Absorción de la arena (%)	9.41
Peso de la grava (Kg/dm³)	2.72
Peso de la arena (Kg/dm³)	2.33

**Volumen de concreto a dosificar**

☒ Cilindros de 15 X 30 Cantidad 
  
☐ Cilindros de 10 X 20
   
☐ Aumentar el volumen en  %
   
☐ Otra cantidad

**Termina el cálculo de la mezcla de prueba**

Material	V	Pe	Pssa	Abs (0/1)	Ps	H (0/1)	Ph	F	P'h
Cemento	114.5	3.10	355.1	---	355.1	---	355.1	0.0636156	22.8
Grava	298.3	2.72	811.3	0.01	803.2	0.008	809.7	0.0636156	51.5
Arena	387.2	2.33	902.2	0.0941	824.6	0.045	861.7	0.0636156	54.8
Agua	190.0	1.0	190.0	---	275.6	---	232.1	0.0636156	14.8
Aire	10.0	0.0	0.0	---	0.0	---	0.0	0.0636156	0.0
<b>Total</b>	<b>1000.0</b>		<b>2258.5</b>		<b>2258.5</b>		<b>2258.5</b>		<b>143.7</b>

Figura 4.22 Ventana de resultados de la *Mezcla de prueba*

### 4.2.3 Cálculo de rendimientos

(Continuación del ejemplo anterior)

El concreto que hemos elaborado anteriormente no corresponde a la dosificación base que hemos diseñado, aún cuando no se haya agregado cemento y agua; ésto es porque el agua absorbida por los agregados en el momento de fabricar la mezcla no corresponderá al tiempo en la que estuvieron sumergidos los agregados en el día en que se determinaron las absorciones. En consecuencia, además se verán modificadas las masas específicas y la relación a/c.

Para iniciar con el *Cálculo de rendimientos*, es preciso colocarse en la ventana principal de tareas del programa *DM 1.0* y oprimir el icono correspondiente, como se señala en la figura 4.23. Posteriormente, aparecerá una ventana como la de la figura 4.24, en donde, como se podrá observar, aparecerán automáticamente las cantidades de los materiales obtenidos de la *Mezcla de prueba*, así como también las humedades, absorciones y pesos específicos utilizados en el cálculo anterior.

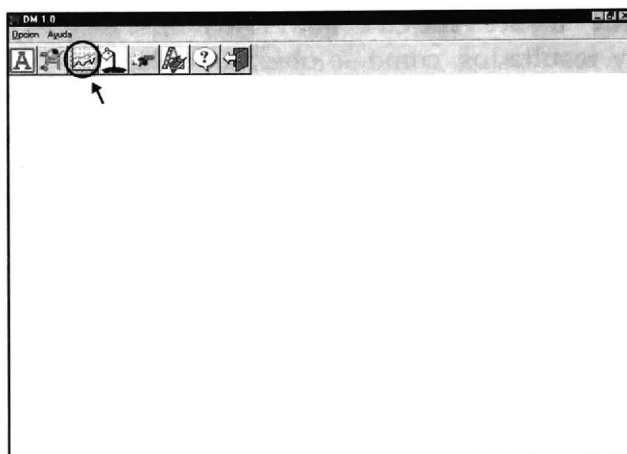


Figura 4.23 Icono de inicio para el Cálculo de rendimientos

Para el *Cálculo de rendimientos* tomaremos en consideración los resultados de la mezcla de prueba, para lo cual supondremos que se ha obtenido un peso volumétrico real en el laboratorio de  $2261 \text{ kg/m}^3$  y un contenido de aire de 2.0 por ciento; por otro lado, en el momento de la elaboración de la mezcla se le añadieron 1.5 kg de cemento y 0.81 litros de agua para obtener el revenimiento que se había planteado inicialmente (*Datos adicionales*). Vea la figura 4.25.

Los datos mostrados son los de la última mezcla de prueba realizada

Materia	Pt (Kg)	H (M)	Abn (M)	Pc
Cemento	22.8	---	0.01	2.1
Grava	51.5	0.008	0.045	2.72
Areña	54.8	0.045	0.0941	2.33
Agua	14.8	---	---	1
Aire	0.0	---	---	0
Total	143.7	---	---	---

**Datos adicionales**

Peso volumétrico real del concreto (kg/m<sup>3</sup>)

Contenido de aire real (%)

Cantidad de cemento agregada (kg)

Cantidad de agua agregada (kg)

**Tipo de concreto**

☐ Con aire ☒ Sin aire

Figura 4.24 Ventana de inicio del Cálculo de rendimientos

Calculo de rendimientos

Archivo Fuente Ayuda

Los datos mostrados son los de la última mezcla de prueba realizada

Material	Ph (Kg)	H (H/m)	Abs (H/m)	Pe
Cemento	22.6	.....	.....	3.1
Grava	51.5	0.008	0.01	2.72
Arena	54.8	0.045	0.0941	2.33
Agua	14.8	.....	.....	1
Aire	0.0	.....	.....	0
Total	143.7	.....	.....	.....

Tipo de concreto  
☐ Con aire ☒ Sin aire

Botones adicionales

Peso volumétrico real del concreto (kg/m<sup>3</sup>) 2261

Contenido de aire real (%) 2.0

Cantidad de cemento agregada (kg) 1.5

Cantidad de agua agregada (kg) 0.81

Aceptar Cancelar

Figura 4.25 Introducción de Datos adicionales para el Cálculo de rendimientos

Finalmente, al hacer clic en el botón *Aceptar* se desplegará el cuadro de cálculos y resultados (ver figura 4.26). Por lo tanto, ya tenemos la dosificación base corregida, y en consecuencia procederemos a hacer la dosificación de campo por volumen o por peso, dependiendo de los recursos con los que se cuente en la obra.

Cabe aclarar que el *Cálculo de rendimientos* incluye los verdaderos valores de la relación a/c y su correspondiente resistencia a compresión. Adicionalmente se determinaron en este paso los pesos específicos y absorciones reales de la grava y de la arena (ver figura 4.26).

Es preciso señalar que dado lo largo que resulta la tabla de *Cálculos de rendimientos*, habrá la necesidad utilizar la barra de desplazamiento para visualizar todos los resultados, como se indica en las figuras 4.26 y 4.27.

Calculo de rendimientos

Archivo Fuente Ayuda

Los datos mostrados son los de la última mezcla de prueba realizada

Material	Ph (Kg)	H (H/m)	Abs (H/m)	Pe
Cemento	22.6	.....	.....	3.1
Grava	51.5	0.008	0.01	2.72
Arena	54.8	0.045	0.0941	2.33
Agua	14.8	.....	.....	1
Aire	0.0	.....	.....	0
Total	143.7	.....	.....	.....

Tipo de concreto  
☐ Con aire ☒ Sin aire

Botones adicionales

Peso volumétrico real del concreto (kg/m<sup>3</sup>) 2261

Contenido de aire real (%) 2.0

Cantidad de cemento agregada (kg) 1.5

Cantidad de agua agregada (kg) 0.81

Aceptar Cancelar

Material	Ph	P <sub>h</sub>	F	P <sub>h</sub>	H	Pa	Abs(H/m)	P <sub>abs</sub>	Pe	V	Corr
Cemento	22.6	24.1	15.485	373.2	.....	373	.....	373	3.1	120	.....
Grava	51.5	51.5	15.485	797.5	0.008	791	0.01	799	2.72	294	8.0
Arena	54.8	54.8	15.485	848.6	0.045	812	0.0941	888	2.33	361	8.0
Agua	14.8	15.61	15.485	241.7	.....	284.8	.....	201	1	201	-16.0
Aire	0	0	15.485	0	.....	0	.....	0	0	20	.....
Total	143.7	149.01	.....	2261	.....	2261	.....	2261	.....	1016	.....

Valores reales

	P <sub>abs</sub>	Abs (%)
Grava	2.74	2.02
Arena	2.35	10.34

Valores reales

Relación a/c 0.498

f'c (kg/cm<sup>2</sup>) 248.75

Figura 4.26 Ventana final del Cálculo de rendimientos

**Cálculo de rendimientos**

Archivo Configuración Ayuda

Los datos mostrados son los de la última mezcla de prueba realizada

Material	P <sub>h</sub> (kg)	H (m³)	Abs (m³)	P <sub>s</sub>
Cemento	22.6	0.009	0.01	3.1
Grava	51.5	0.045	0.0941	2.72
Arena	14.8	0.045	0.0941	2.33
Agua	0.0	0.0	0.0	1
Aire	0.0	0.0	0.0	0
Total	143.7			

**Datos adicionales**

Peso volumétrico real del concreto (kg/m³)

Contenido de aire real (%)

Cantidad de cemento agregada (kg)

Cantidad de agua agregada (kg)

**Tipo de concreto**

☐ Con aire ☒ Sin aire

Material	P <sub>h</sub>	P <sub>h</sub>	F	P <sub>h</sub>	H	P <sub>s</sub>	Abs (m³)	Peso	P <sub>s</sub>	V	Cor
Cemento	22.6	24.1	15.485	373.2	0.008	791	0.01	799	2.72	294	8.0
Grava	51.5	51.5	15.485	797.5	0.045	812	0.0941	886	2.33	381	8.0
Arena	54.8	54.8	15.485	848.6	0.045	812	0.0941	886	2.33	381	8.0
Agua	14.8	15.61	15.485	241.7	0.0	284.8	0.0	201	1	201	-16.0
Aire	0	0	15.485	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	143.7	146.01		2261		2261		2261		1016	

**Valores reales**

	Peso	Abs (%)
Grava	2.74	2.02
Arena	2.35	10.34

**Valores reales**

Retención al c 0.496

1 ° c (kg/m³) 248.75

Figura 4.27 Ventana que señala el uso de la barra de desplazamiento

#### 4.2.4 Dosificación de campo por peso (Continuación del ejemplo anterior)

La *Dosificación de campo por peso* se inicia en la pantalla principal de tareas, oprimiendo el icono que se indica en la figura 4.28. Posteriormente, aparecerá una ventana como la que se muestra en la figura 4.29, en donde encontramos los resultados del *Cálculo de rendimientos*, con los cuales se inicia el cálculo de esta sección.

Es conveniente recordar que tanto la *Dosificación de campo por peso* y la *Dosificación de campo por volumen* inician con los resultados obtenidos en el *Cálculo de rendimientos* de la sección anterior; sin embargo, como se mencionó anteriormente, es posible iniciar cualquiera de los cálculos descritos en el momento que sea necesario, es decir, sin la necesidad de hacer un cálculo previo. Más aún, los datos pueden ser modificados según sus propias necesidades, sin importar que vengan o no de un proceso previo de cálculo.

Para reproducir nuestro concreto por peso necesitamos como datos la mezcla base corregida, que corresponde, como ya se ha dicho, a la obtenida en el *Cálculo de rendimientos*. Por otro lado, necesitamos introducir como dato la *Capacidad de la planta dosificadora* o de mezclado; para este ejercicio supondremos que se tiene una planta con capacidad en la olla de 250 dm<sup>3</sup> (ver figura 4.29). Recordar que el presente



procedimiento sólo funciona cuando se tienen equipos como tolvas, bandas transportadoras y básculas de precisión principalmente.

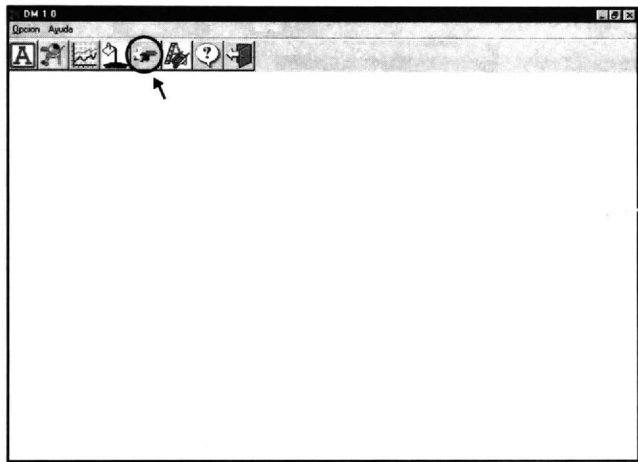


Figura 4.28 Pantalla de inicio para el cálculo de la *Dosificación de campo por peso*

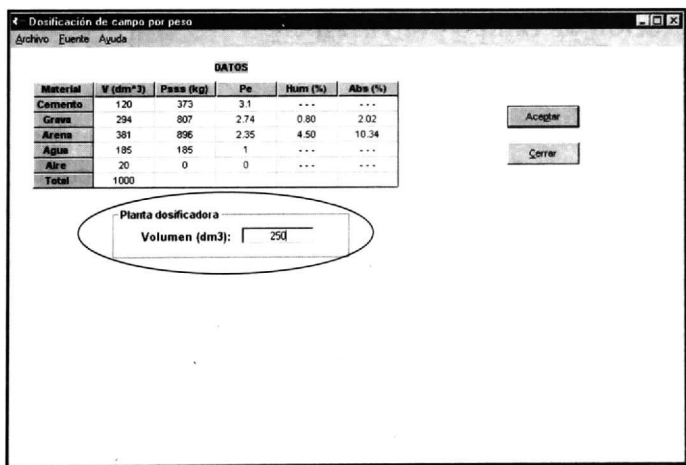


Figura 4.29 Capacidad en volumen de la *Planta dosificadora*

Los cálculos y resultados de la mezcla de prueba por peso se obtienen con sólo hacer clic en el botón *Aceptar*, y se presentan en la figura 4.30.

Estos pesos (P'h), son los necesarios para la producción en una batchada (cantidad mezclada) de 250 dm<sup>3</sup> de concreto elaborada en planta.

**Dosificación de campo por peso**

Archivo Fuente Ayuda

**DATOS**

Material	V (dm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Pe	Hum (%)	Abs (%)
Cemento	120	373	3.1	---	---
Grava	294	807	2.74	0.80	2.02
Arena	381	896	2.35	4.50	10.34
Agua	185	185	1	---	---
Aire	20	0	0	---	---
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>2261</b>			

Acortar

Centrar

Planta dosificadora

Volumen (dm<sup>3</sup>):

Material	V	Peso	Pe	FACT.	Peso	Abs(0%)	Pe	Hum(0%)	Ph
Cemento	120	373	3.1	0.25	93	---	93	---	93
Grava	294	807	2.74	0.25	202	0.0202	190	0.008	200
Arena	381	896	2.35	0.25	224	0.1034	203	0.045	212
Agua	185	185	1	0.25	46	---	71	---	60
Aire	20	0	0	0.25	5	---	0	---	0
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>2261</b>			<b>565</b>		<b>565</b>		<b>565</b>

Figura 4.30 Pantalla de resultados del cálculo de la *Dosificación de campo por peso*

## 4.2.5 Dosificación de campo por volumen

(Continuación del ejemplo anterior)

Como se recordará, para la *Dosificación de campo por volumen* lo que se requiere en obra son implementos sencillos, con los cuales podemos llevar a cabo la producción de concreto. El principio de este procedimiento parte de la idea de que se conoce el peso del saco de cemento; es así como el programa determina las cantidades de materiales por bote de 19 litros y saco de cemento. Esta es la forma en la que se basan todos los albañiles cuando construyen obras pequeñas.

El cálculo de la *Dosificación de campo por volumen* se inicia oprimiendo el icono que se señala en la figura 4.31. Posteriormente aparecerá una pantalla con los últimos datos obtenidos en el *Cálculo de rendimientos* (ver figura 4.32). En seguida se deberán cargar los datos correspondientes a los *Pesos volumétricos sueltos* de grava y arena. Asimismo, será necesario ingresar el coeficiente de abundamiento de la arena que, como se sabe, es un valor que nos representa qué tanto se puede aumentar el volumen cuando la arena tiene humedad superficial.

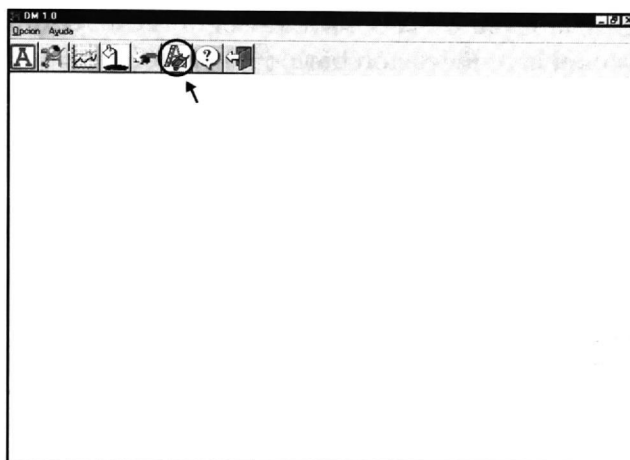


Figura 4.31 Pantalla de inicio del cálculo de la *Dosificación de campo por volumen*

Material	V (dm³)	Peso (kg)	Pv	Abs (%)
Cemento	120	373	3.1	...
Grava	294	807	2.74	2.02
Arena	381	896	2.35	10.34
Agua	185	185	1	...
Aire	20	0	0	...
Total	1000			

**Propiedades adicionales**

Pesos volumétricos sueltos (kg/m³)

Grava: 1318      Arena: 1226

Coeficiente de abundamiento de la arena: 1.15

Peso del saco (kg): 50

Figura 4.32 Pantalla que indica los campos para cargar los datos *Propiedades adicionales*

Al hacer clic en el botón *Aceptar* se desplegará el cálculo y resultados de la *Dosificación de campo por volumen* (ver figura 4.33); los resultados aparecen tanto en kilogramos, como en botes por saco de cemento de 50 kg; es importante resaltar que la cantidad de agua no la da el programa, ya que el fundamento de dicho procedimiento supone que

la adición de agua en la mezcla se hará según el revenimiento que se haya propuesto en la dosificación base.

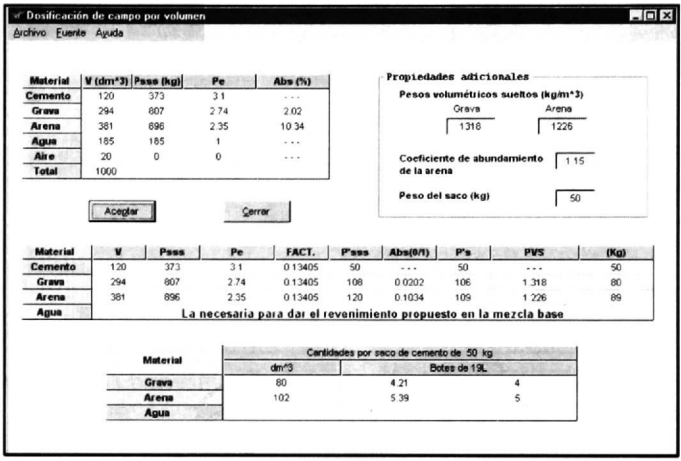


Figura 4.33 Pantalla de resultados de la *Dosificación de campo por volumen*

### 4.3 MÉTODO DE CONTENIDO MÍNIMO DE VACÍOS

Para diseñar nuestra *Dosificación base* por este método tenemos dos opciones; la primera consiste en cargar los datos siguientes: el peso volumétrico combinado de grava y arena, el porcentaje de grava y de arena de dicha combinación, los pesos específicos sss de grava y arena, la *Resistencia a compresión* deseada del concreto y el *Peso específico* del cemento. En segundo lugar se cuenta con el método por gráfica experimental, el cual inicia con la introducción de las diferentes combinaciones de grava y arena con sus respectivos pesos volumétricos obtenidos en el laboratorio. Este último método nos da la posibilidad de poder escoger dentro de múltiples combinaciones de grava y arena, es decir, desde poder escoger la combinación que nos de el menor consumo de cemento hasta las combinaciones en la que predomine la arena (mezcla arenosa) y por otra donde domine la cantidad de grava (mezcla gravosa).

El presente procedimiento de diseño de mezclas, también está fundamentado en la correlación existente entre la *Relación a/c* y la *Re-*

*sistencia a compresión*; por lo anterior es necesario definir el tipo de concreto en función del aire (con aire o sin aire incluido) como en el *Método del ACI*.

### 4.3.1 Dosificación base

Como se recordará, la *Dosificación base* consiste en encontrar las cantidades de los componentes que constituirán un metro cúbico de concreto. Éstos podrán ser medidos tanto en peso como en volumen.

#### 4.3.1.1 Por carga de datos

Para iniciar nuestro cálculo de la dosificación base por carga de datos necesitamos seleccionar el icono que está señalado en la figura 4.34.

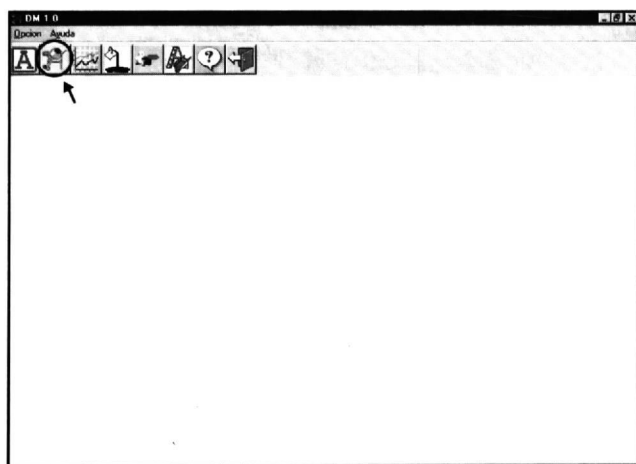


Figura 4.34 Pantalla de inicio para el cálculo de la *Dosificación base* por carga de datos

Para el caso de este ejemplo los datos se muestran en la siguiente tabla 4.2:



corroborar lo anterior se sugiere que se revise el ejemplo de la *Dosificación base* por el *Método del ACI* (sección 4.2.1).

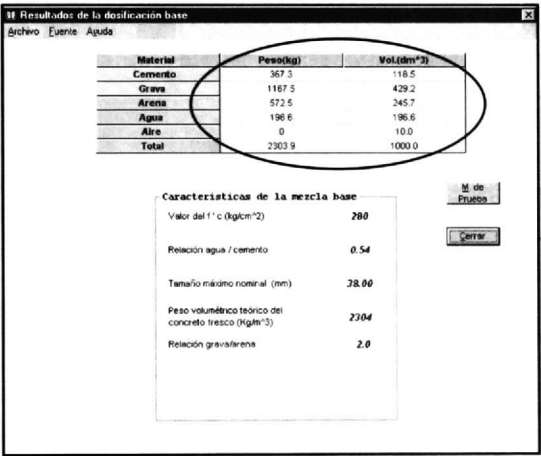


Figura 4.36 Ventana de resultados de la *Dosificación base* por el *Método de mínimos vacíos* con la opción de carga de datos

### 4.3.1.2 Por gráfica experimental

Para obtener la *Dosificación base* por medio de la graficación de puntos experimentales es necesario seleccionar el icono que se muestra en la figura 4.37.

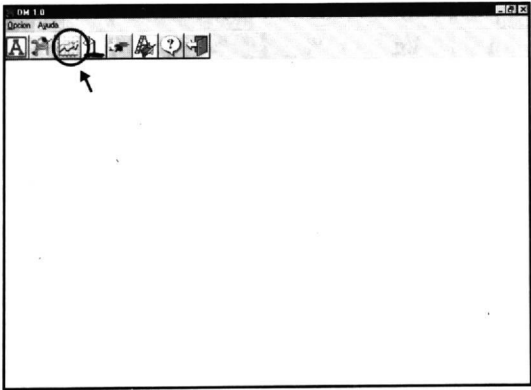


Figura 4.37 Pantalla para seleccionar la tarea de graficación de puntos experimentales

Posteriormente, aparecerá un cuadro como el de la figura 4.38, en donde se solicitará se ingrese el número de puntos a graficar; para el ejemplo que desarrollaremos supondremos 9 puntos.

Figura 4.38 Ventana para seleccionar el número de puntos a graficar

Oprimiendo el botón de *Aceptar* se desplegará la ventana de la figura 4.39. Aquí tenemos los campos necesarios para escribir los porcentajes de grava y arena, así como los pesos volumétricos obtenidos en el laboratorio, mismos que se muestran en la tabla 4.3. No es necesario introducir el punto de porcentaje de arena = 0.

Tabla 4.3 Datos experimentales a graficar

Prueba N°	Grava kg	Arena kg	G+A kg	Grava %	Arena %	REL G/A	Peso con olla kg	Peso sin olla kg	Peso volumétrico kg/m <sup>3</sup>
1	24.49	0	24.49	100.0	0	—	24.49	19.303	1420
2	24.49	2	26.49	92.4	7.6	12.2	25.56	20.373	1499
3	24.49	4	28.49	86.0	14.0	6.1	25.59	20.403	1501
4	24.49	6	30.49	80.3	19.7	4.1	27.73	22.543	1658
5	24.49	8	32.49	75.4	24.6	3.1	27.72	22.533	1735
6	24.49	10	34.49	71.0	29.0	2.4	28.89	23.703	1744
7	24.49	12	36.49	67.1	32.9	2.0	28.84	23.653	1740
8	24.49	14	38.49	63.6	36.4	1.7	28.87	23.683	1742
9	24.49	16	40.49	60.5	39.5	1.5	28.86	23.673	1741
10	24.49	18	42.49	57.6	42.4	1.4	28.84	23.653	1740



Una vez que han sido cargados los datos, hay que oprimir el botón *Graficar*; con esta acción se desplegará el gráfico (ver figura 4.40) que muestra la distribución de puntos unidos por líneas, y de donde escogeremos el punto que más convenga. Para el caso de nuestro ejemplo escogeremos el punto correspondiente (ver figura 4.41) a un peso volumétrico combinado de 1725 kg/m<sup>3</sup> con los porcentajes de 76.04 de grava y 23.96 de arena. Es importante resaltar que el punto escogido no es precisamente alguno de los que hemos introducido o determinado experimentalmente; el programa tiene la capacidad de interpolar y encontrar otro punto diferente a los experimentales.

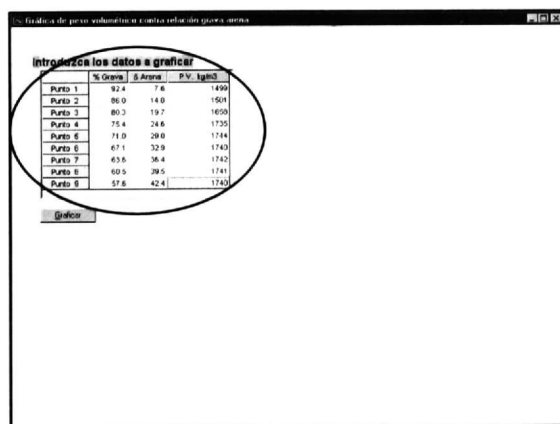


Figura 4.39 Ventana que indica el campo para introducir los datos experimentales

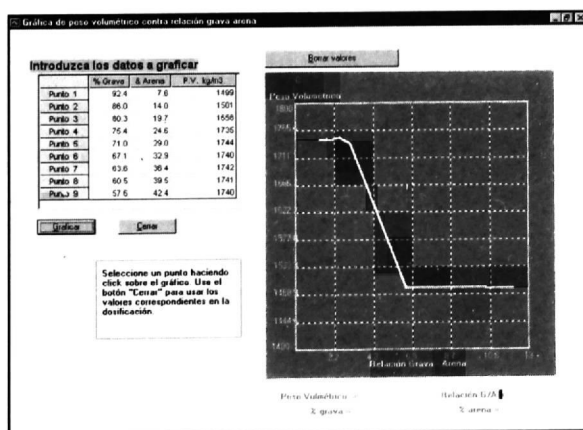


Figura 4.40 Ventana de graficación de datos experimentales

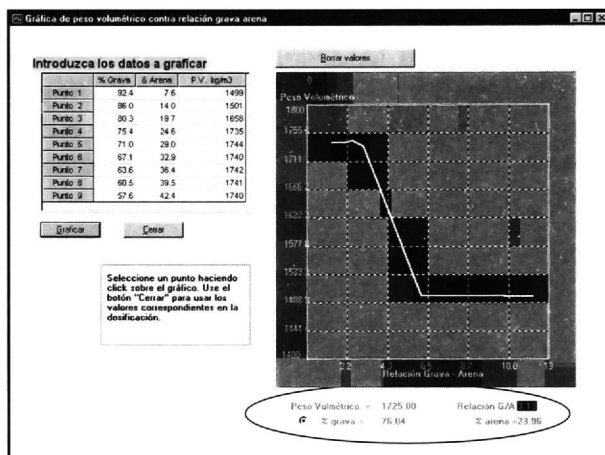


Figura 4.41 Ventana que indica la selección de un punto de la gráfica

Una vez que hemos seleccionado el punto de interés en la ventana de la figura 4.1, oprimimos el botón *Cerrar*; con esto pasaremos a la ventana de la *Tabla de datos* (figura 4.42), en la cual aparecerá el peso volumétrico seleccionado en la gráfica junto con los correspondientes porcentajes de grava y arena.

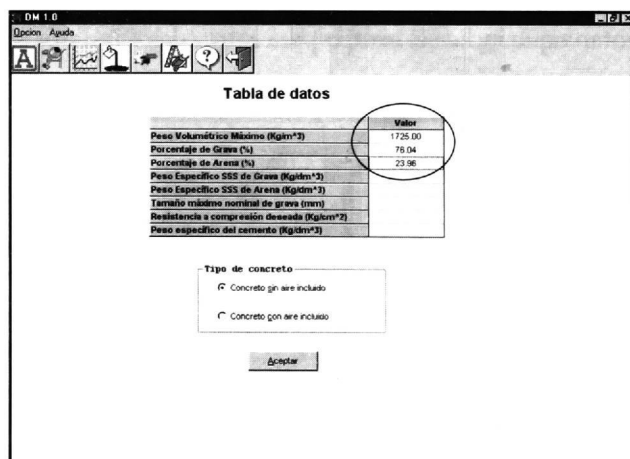


Figura 4.42 Ventana de datos cargados automáticamente de acuerdo a la selección del punto en el gráfico

En la misma figura 4.42 es necesario capturar los demás datos solicitados; para nuestro ejemplo los tomaremos de la tabla 2. La ventana quedará como se indica en la figura 4.43.

**Tabla de datos**

	Valor
Peso Volumétrico Máximo (kg/m³)	1725.00
Porcentaje de Grava (%)	76.04
Porcentaje de Arena (%)	23.96
Peso Específico SSS de Grava (kg/dm³)	2.72
Peso Específico SSS de Arena (kg/dm³)	2.33
Tamaño máximo nominal de grava (mm)	38
Resistencia a compresión deseada (kg/cm²)	280
Peso específico del cemento (kg/dm³)	3.1

Tipo de concreto

☒ Concreto sin aire incluido

☐ Concreto con aire incluido

Aceptar

Figura 4.43 Ventana final con datos cargados para el cálculo de la *Dosificación base* por gráfica

Finalmente, al oprimir el botón *Aceptar* de la pantalla de la figura 4.43 se desplegará la *Dosificación base* en pesos y volúmenes como se observa en la figura 4.44.

**Resultados de la dosificación base**

Archivo Fuente Ayuda

Material	Peso(kg)	Vol.(dm³)
Cemento	385.2	124.3
Grava	1311.7	482.2
Arena	413.3	177.4
Agua	206.1	206.1
Aire	0	10.0
Total	2316.3	1000.0

Características de la mezcla base

Valor del f'c (kg/cm²)	280
Relación agua / cemento	0.54
Tamaño máximo nominal (mm)	38.00
Peso volumétrico teórico del concreto fresco (kg/dm³)	2316
Relación gravilarena	3.2

M de Prueba

Cerrar

Figura 4.44 Ventana final de la *Dosificación base* del Método gráfico

### 4.3.2 Mezcla de prueba

Las ventanas resultantes de los cálculos de la *Mezcla de prueba* son similares a los que se hicieron en el ejemplo del *Método ACI*. Para el caso de nuestro ejercicio se mostrarán sólo las ventanas que resultan tanto con la opción de carga de datos como con la opción de gráfica.

#### 4.3.2.1 Por carga de datos

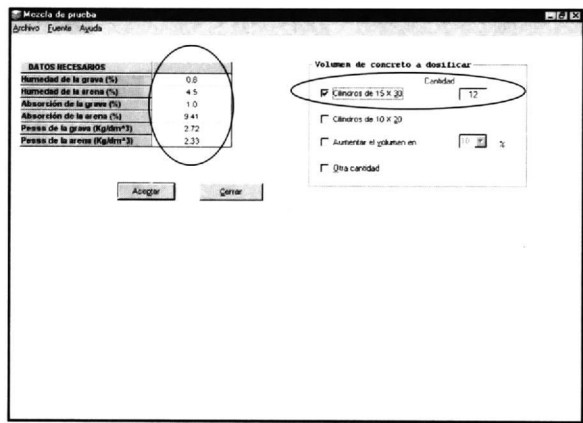


Figura 4.45 Ventana de datos para la *Mezcla de prueba* (opción con datos cargados)

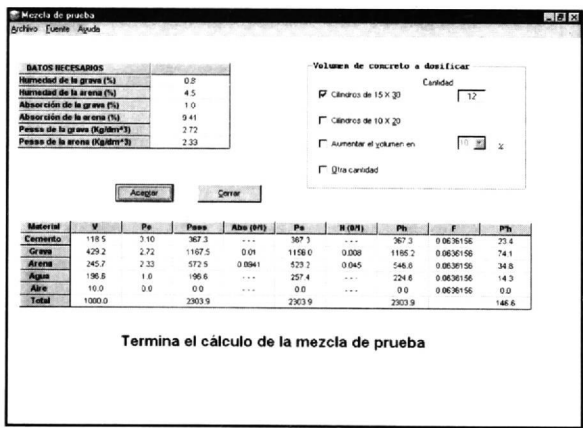


Figura 4.46 Ventana de resultados de la *Mezcla de prueba* (opción con datos cargados)

### 4.3.2.2 Por gráfica experimental

**Mezcla de prueba**  
Archivo Fuente Ayuda

DATOS NECESARIOS	
Humedad de la grava (%)	0.8
Humedad de la arena (%)	4.5
Absorción de la grava (%)	1.0
Absorción de la arena (%)	9.41
Peso de la grava (Kg/dm³)	2.72
Peso de la arena (Kg/dm³)	2.33

Botones: **Aceptar** **Cancelar**

**Volumen de concreto a dosificar**

Cantidad:

☒ Cilindros de 15 X 30

☐ Cilindros de 10 X 20

☐ Aumentar el volumen en:  %

☐ Otra cantidad

Figura 4.47 Ventana de datos para la *Mezcla de prueba* (opción *Desde gráfico*)

**Mezcla de prueba**  
Archivo Fuente Ayuda

DATOS NECESARIOS	
Humedad de la grava (%)	0.8
Humedad de la arena (%)	4.5
Absorción de la grava (%)	1.0
Absorción de la arena (%)	9.41
Peso de la grava (Kg/dm³)	2.72
Peso de la arena (Kg/dm³)	2.33

Botones: **Aceptar** **Cancelar**

**Volumen de concreto a dosificar**

Cantidad:

☒ Cilindros de 15 X 30

☐ Cilindros de 10 X 20

☐ Aumentar el volumen en:  %

☐ Otra cantidad

Material	V	Po	Pes	Alm (t/h)	Po	H (t/h)	Pb	F	Ph
Cemento	124.3	3.10	385.2	---	385.2	---	385.2	0.0636156	24.5
Grava	462.2	2.72	1311.7	0.01	1299.7	0.006	1309.1	0.0636156	63.3
Arena	177.4	2.33	413.3	0.0941	377.8	0.045	364.8	0.0636156	25.1
Agua	208.1	1.0	208.1	---	254.7	---	227.3	0.0636156	14.5
Aire	10.0	0.0	0.0	---	0.0	---	0.0	0.0636156	0.0
<b>Total</b>	<b>1000.0</b>		<b>2316.3</b>		<b>2316.3</b>		<b>2316.3</b>		<b>147.4</b>

**Termina el cálculo de la mezcla de prueba**

Figura 4.48 Ventana de resultados de la *Mezcla de prueba* (opción *Desde gráfico*)

### 4.3.3 Cálculo de rendimientos

Para efectos del *Cálculo de rendimientos* se tomarán los datos resultantes de la *Mezcla de prueba* hecha con la opción de carga de datos. Como las ventanas son similares al ejemplo del *Método del ACI*, sólo se mostrarán éstas con los datos referentes al presente ejercicio.

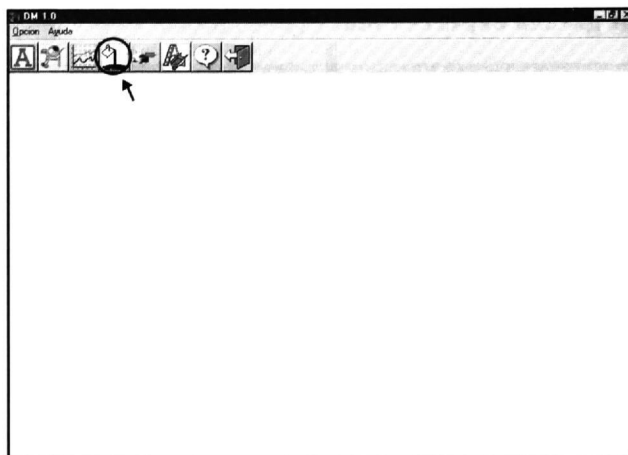


Figura 4.49 Ventana de selección para el *Cálculo de rendimientos* (opción de carga de datos)

Los datos mostrados son los de la última mezcla de prueba realizada

Materia	Peso (kg)	h (m)	Área (m²)	Pc
Cemento	23.1	.....	.....	3.1
Grava	74.1	0.008	0.01	2.72
Arena	34.0	0.045	0.0041	2.33
Agua	14.2	.....	.....	1
Aire	0.0	.....	.....	0
<b>Total</b>	<b>145.3</b>			

**Datos adicionales**

Peso volumétrico real del concreto (kg/m³)

Contenido de aire real (%)

Cantidad de cemento agregada (kg)

Cantidad de agua agregada (kg)

**Tipo de concreto**

☐ Con aire ☐ Sin aire

Figura 4.50 Ventana de captura de datos para el *Cálculo de rendimientos* (opción de carga de datos)

**Cálculo de rendimientos**

Archivo Fuente Ayuda

Los datos mostrados son los de la última mezcla de prueba realizada

Material	P <sub>h</sub> (kg)	H (lt)	Abs (lt)	P <sub>e</sub>
Cemento	23.1	---	---	3.1
Grava	74.1	0.003	0.01	2.72
Arena	34.8	0.045	0.0941	2.33
Agua	14.3	---	---	1
Aire	0.0	---	---	0
Total	146.3	---	---	---

**Datos adicionales**

Peso volumétrico real del concreto (kg/dm<sup>3</sup>)

Contenido de aire real (%)

Cantidad de cemento agregada (kg)

Cantidad de agua agregada (kg)

**Tipo de concreto**

☒ Con aire ☐ Sin aire

Figura 4.51 Ventana de captura de *Datos adicionales* para el *Cálculo de rendimientos* (opción de carga de datos)

**Cálculo de rendimientos**

Archivo Fuente Ayuda

Los datos mostrados son los de la última mezcla de prueba realizada

Material	P <sub>h</sub> (kg)	H (lt)	Abs (lt)	P <sub>e</sub>
Cemento	23.1	---	---	3.1
Grava	74.1	0.003	0.01	2.72
Arena	34.8	0.045	0.0941	2.33
Agua	14.3	---	---	1
Aire	0.0	---	---	0
Total	146.3	---	---	---

**Datos adicionales**

Peso volumétrico real del concreto (kg/dm<sup>3</sup>)

Contenido de aire real (%)

Cantidad de cemento agregada (kg)

Cantidad de agua agregada (kg)

**Tipo de concreto**

☒ Con aire ☐ Sin aire

Material	P <sub>h</sub>	P <sub>h</sub>	F	P <sub>h</sub>	H	P <sub>e</sub>	Abs (lt)	P <sub>as</sub>	P <sub>e</sub>	V	Corr
Cemento	23.1	23.1	15.482	357.6	---	358	---	358	3.1	115	---
Grava	74.1	74.1	15.482	1147.2	0.003	1136	0.01	1149	2.72	422	-3.0
Arena	34.8	34.8	15.482	536.8	0.045	516	0.0941	565	2.33	242	-3.0
Agua	14.3	14.3	15.482	221.4	---	253.4	---	193	1	180	8.0
Aire	0	0	15.482	0	---	0	---	0	0	22	---
Total	146.3	146.3	---	2265	---	2265	---	2265	---	994	---

**Valores reales**

	Peso	Abs (lt)
Grava	2.72	0.70
Arena	2.32	8.91

**Valores reales**

Relacion ac:

t °C (kg/cm<sup>2</sup>):

Figura 4.52 Ventana de resultados del *Cálculo de rendimientos* (opción de carga de datos)

Calculo de rendimientos

Archivo Editar Ayuda

Los datos mostrados son los de la última mezcla de prueba realizada

Material	P <sub>h</sub> (Kg)	H (M <sup>3</sup> )	Abs (M <sup>3</sup> )	P <sub>c</sub>
Cemento	22.1	---	---	3.1
Grava	74.1	0.008	0.01	2.72
Arena	34.8	0.045	0.0941	2.33
Agua	14.3	---	---	1
Aire	0.0	---	---	0
Total	146.3	---	---	---

Botones adicionales

Peso volumétrico real del concreto (kg/m<sup>3</sup>)

Contenido de aire real (%)

Cantidad de cemento agregada (kg)

Cantidad de agua agregada (kg)

Tipo de concreto

☐ Con aire ☐ Sin aire

Aceptar Cancel

Material	P <sub>h</sub>	H	Pa	Abs (M <sup>3</sup> )	Pasa	Pe	V	Entr	Pasa	V
Cemento	357.6	---	358	---	358	3.1	115	---	358	115
Grava	1147.2	0.008	1138	0.01	1149	2.72	422	-3.0	1146.0	422
Arena	538.8	0.045	516	0.0941	585	2.33	242	-3.0	562.0	242
Agua	221.4	---	253.4	---	193	1	193	6.0	199	199
Aire	0	---	0	---	0	0	22	---	0	22
Total	2265	---	2265	---	2265	---	994	---	2265	1000

Valores reales

	Pasa	Abs (M <sup>3</sup> )
Grava	2.72	0.70
Arena	2.32	0.91

Valores reales

Relación a/c 0.558

f'c (kg/cm<sup>2</sup>) 209.11

Figura 4.53 Ventana de resultados del Cálculo de rendimientos (opción de carga de datos) 2ª parte

#### 4.3.4 Dosificación de campo por peso

Para el caso de la *Dosificación de campo por peso* usaremos los datos resultantes del *Cálculo de rendimientos* considerando la opción de carga de datos. Como todas las ventanas son similares al del ejemplo ACI, mostraremos estas mismas ventanas pero con datos del presente ejemplo.

DM 1.0

Inicio Ayuda

Iconos de selección: [A] [P] [M] [C] [E] [F] [G] [H] [I] [J] [K] [L] [M] [N] [O] [P] [Q] [R] [S] [T] [U] [V] [W] [X] [Y] [Z] [0] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [.] [Coma] [Barra] [Español] [Ayuda]

Área de selección vacía.

Figura 4.54 Ventana de selección para el Cálculo de la dosificación de campo por peso (opción de carga de datos)



4 Dosificación de campo por peso Archivo Editar Ayuda

**DATOS**

Material	V (dm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	P <sub>s</sub>	Hum (%)	Abn (%)
Cemento	115	350	3.1		
Grava	422	1140	2.72	0.90	0.70
Arena	242	362	2.32	4.30	0.01
Agua	100	100	1		
Aire	22	0	0		
Total	1000				

Planta dosificadora

Volumen (dm<sup>3</sup>): 250

Aceptar Continuar

Figura 4.55 Ventana de carga de datos para la *Dosificación de campo por peso* (opción de carga de datos)

4 Dosificación de campo por peso Archivo Editar Ayuda

**DATOS**

Material	V (dm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	P <sub>s</sub>	Hum (%)	Abn (%)
Cemento	115	350	3.1		
Grava	422	1140	2.72	0.90	0.70
Arena	242	362	2.32	4.30	0.01
Agua	100	100	1		
Aire	22	0	0		
Total	1000	2265			

Planta dosificadora

Volumen (dm<sup>3</sup>): 250

Material	V	Peso	P <sub>s</sub>	FACT	P'peso	Abn(%)	P'v	Hum(%)	P'ti
Cemento	115	350	3.1	0.25	88		88		88
Grava	422	1140	2.72	0.25	287	0.007	360	0.000	287
Arena	242	362	2.32	0.25	141	0.009	120	0.000	135
Agua	100	100	1	0.25	25		04		26
Aire	22	0	0	0.25	0		0		0
Total	1000	2265			580		260		260

Aceptar Continuar

Figura 4.56 Ventana de resultados del *Cálculo de la dosificación de campo por peso* (opción de carga de datos)

### 4.3.5 Dosificación de campo por volumen

✓ Dosificación de campo por volumen

Archivo Fuente Ayuda

Material	V (dm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Pe	Abs (%)
Cemento	115	358	3.1	---
Grava	422	1146	2.72	0.70
Arena	242	562	2.32	8.91
Agua	199	199	1	---
Aire	22	0	0	---
Total	1000			

Aceptar Cerrar

Propiedades adicionales

Pesos volumétricos sueltos (kg/m<sup>3</sup>)

Grava: 1318 Arena: 1226

Coefficiente de abundamiento de la arena: 1.15

Peso del saco (kg): 50

Figura 4.57 Ventana de captura de datos para la *Dosificación de campo por volumen* (opción de carga de datos)

✓ Dosificación de campo por volumen

Archivo Fuente Ayuda

Material	V (dm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Pe	Abs (%)
Cemento	115	358	3.1	---
Grava	422	1146	2.72	0.70
Arena	242	562	2.32	8.91
Agua	199	199	1	---
Aire	22	0	0	---
Total	1000			

Aceptar Cerrar

Propiedades adicionales

Pesos volumétricos sueltos (kg/m<sup>3</sup>)

Grava: 1318 Arena: 1226

Coefficiente de abundamiento de la arena: 1.15

Peso del saco (kg): 50

Material	V	Peso	Pe	FACT.	Peso	Abs(%)	P's	PVS	(kg)
Cemento	115	358	3.1	0.13966	50	---	50	---	50
Grava	422	1146	2.72	0.13966	160	0.007	159	1.318	121
Arena	242	562	2.32	0.13966	78	0.0891	72	1.226	59
Agua									

La necesaria para dar el revenimiento propuesto en la mezcla base

Material	Cantidades por saco de cemento de 50 kg		
	dm <sup>3</sup>	Bultos de 10L	
Grava	121	6.37	6
Arena	68	3.57	4
Agua			

Figura 4.58 Ventana de resultados de la *Dosificación de campo por volumen* (opción de carga de datos)

# CONCLUSIONES

El programa DM 1.0 es un herramienta que debe ser usada con precaución ya que como cualquier programa de cómputo, al introducir datos y obtener resultados el usuario debe ser capaz de interpretar los valores numéricos de acuerdo a una cierta experiencia. La debilidad de no tener cierta destreza en la interpretación, puede llevar a pensar al usuario, que el programa no funciona o en el peor de los casos, que no sirve. Cabe señalar que el programa puede aceptar hasta cierto punto la introducción de datos erróneos o fuera de la realidad, en consecuencia el usuario obtendrá resultados de la misma índole.

Es recomendable que el usuario se familiarice con el orden de los valores numéricos que deben tener los materiales (grava, arena, cemento) en cuanto a sus características físicas como: pesos volumétricos sueltos y compactos, absorciones, humedades, pesos específicos, etc. Lo anterior ayudará a no cometer errores a la hora de introducir datos al programa.

En cuanto a los resultados que arroje el programa se sugiere que el usuario al menos resuelva un ejercicio a mano, aunque sea por primera vez para que vea como es la mecánica del programa y poder así tener mayor destreza en su uso y aplicación. A este respecto se recomienda que utilice los procedimientos que vienen descritos en las referencias bibliográficas 1, 2 y 5.

Cualquier sugerencia, duda o recomendación en cuanto al programa DM 1.0, se puede hacer llegar a los correos electrónicos siguientes:

**fgd@correo.azc.uam.mx**  
**jcano@correo.azc.uam.mx**  
**rcla@correo.azc.uam.mx**

De antemano se les agradece su interés y aportaciones al presente trabajo.



# BIBLIOGRAFÍA

- Proporcionamiento de Mezclas Reporte ACI 211.1-91* (1993). México. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Mena, Manuel (1997). *Manual de Tecnología del Concreto (Secciones del 1 al 4)*. México. Limusa.
- Neville, Adam M. (1999). *Tecnología del Concreto*. México. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- O'Reilly, Vitervo (1993). *Métodos para la Dosificación del Concreto*. Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Fernández, León (2000). *Laboratorio de Materiales de Construcción y Control de Calidad Tomo I*. México. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.



# ÍNDICE DE FIGURAS

3.1	Ejecución del archivo Setup.EXE	28
3.2	Ubicación del archivo ejecutable	29
3.3	Abrir archivos de resultados	33
3.4	Cuadro de diálogo Configurar impresora	34
3.5	Ventana de ayuda	35
4.1	Pantalla de inicio del programa DM 1.0	37
4.2	Pantalla principal del programa DM 1.0	39
4.3	Pantalla de inicio para el diseño de mezclas por el Método del ACI	40
4.4	Pantalla para carga de datos del Método ACI	41
4.5	Pantalla con datos cargados en el campo Datos de los materiales	41
4.6	Pantalla para elegir el Tamaño máximo nominal por Valor estándar	42
4.7	Pantalla para elegir el Tamaño máximo nominal con la opción Según dimensiones conocidas	42
4.8	Ejemplo de pantalla final del cálculo del tamaño nominal según dimensiones conocidas	43
4.9	Pantalla para capturar la resistencia a compresión	43
4.10	Pantalla para introducir el valor del revenimiento	44
4.11	Pantalla de Elección de revenimiento en función del tipo de construcción	44
4.12	Cuadro de Corrección al agregado grueso: Reducir	45
4.13	Cuadro de Corrección al agregado grueso: No reducir	45
4.14	Pantalla para elegir Tipo de concreto: Sin aire	46
4.15	Pantalla de Resultados de la dosificación base: Sin aire	47
4.16	Pantalla para elegir Tipo de concreto: Con aire	47
4.17	Pantalla de Resultados de la dosificación base: Con aire	48

4.18	Ventana para introducir datos en la Mezcla de prueba	49
4.19	Campo que indica el aumento en porcentaje del Volumen de concreto a dosificar	49
4.20	Ventana que indica sobre la elección del número de cilindros a colar	50
4.21	Ventana que da la opción de escoger Otra cantidad de concreto a producir	50
4.22	Ventana de resultados de la Mezcla de prueba	51
4.23	Icono de inicio para el Cálculo de rendimientos	52
4.24	Ventana de inicio del Cálculo de rendimientos	52
4.25	Introducción de Datos adicionales para el Cálculo de rendimientos	53
4.26	Ventana final del Cálculo de rendimientos	53
4.27	Ventana que señala el uso de la barra de desplazamiento	54
4.28	Pantalla de inicio para el cálculo de la Dosificación de campo por peso	54
4.29	Capacidad en volumen de la Planta dosificadora	55
4.30	Pantalla de resultados del cálculo de la Dosificación de campo por peso	56
4.31	Pantalla de inicio del cálculo de la Dosificación de campo por volumen	57
4.32	Pantalla que indica los campos para cargar los datos Propiedades adicionales	57
4.33	Pantalla de resultados de la Dosificación de campo por volumen	58
4.34	Pantalla de inicio para el cálculo de la Dosificación base por carga de datos	59
4.35	Ventana de carga de datos para la dosificación base por el Método de mínimos vacíos	60
4.36	Ventana de resultados de la Dosificación base por el Método de mínimos vacíos con la opción de carga de datos	61
4.37	Pantalla para seleccionar la tarea de graficación de puntos experimentales	62
4.38	Ventana para seleccionar el número de puntos a graficar	62
4.39	Ventana que indica el campo para introducir los datos experimentales	63
4.40	Ventana de graficación de datos experimentales	63



4.41	Ventana que indica la selección de un punto de la gráfica	64
4.42	Ventana de datos cargados automáticamente de acuerdo a la selección del punto en el gráfico	64
4.43	Ventana final con datos cargados para el cálculo de la Dosificación base por gráfica	65
4.44	Ventana final de la Dosificación base del Método gráfico	65
4.45	Ventana de datos para la Mezcla de prueba (opción con datos cargados)	66
4.46	Ventana de resultados de la Mezcla de prueba (opción con datos cargados)	66
4.47	Ventana de datos para la Mezcla de prueba (opción Desde gráfico)	67
4.48	Ventana de resultados de la Mezcla de prueba (opción Desde gráfico)	67
4.49	Ventana de selección para el Cálculo de rendimientos (opción de carga de datos)	68
4.50	Ventana de captura de datos para el Cálculo de rendimientos (opción de carga de datos)	68
4.51	Ventana de captura de Datos adicionales para el Cálculo de rendimientos (opción de carga de datos)	69
4.52	Ventana de resultados del Cálculo de rendimientos (opción de carga de datos)	69
4.53	Ventana de resultados del Cálculo de rendimientos (opción de carga de datos) 2ª parte	70
4.54	Ventana de selección para el Cálculo de la dosificación de campo por peso (opción de carga de datos)	70
4.55	Ventana de carga de datos para la Dosificación de campo por peso (opción de carga de datos)	71
4.56	Ventana de resultados del Cálculo de la dosificación de campo por peso (opción de carga de datos)	71
4.57	Ventana de captura de datos para la Dosificación de campo por volumen (opción de carga de datos)	72
4.58	Ventana de resultados de la Dosificación de campo por volumen (opción de carga de datos)	72

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Tipos de cementos Portland (ASTM-C-150)	12
Tabla 1.2	Tipos de cementos Pórtland: clasificación por sus adiciones (NMX-C-414)	13
Tabla 1.3	Clasificación por sus características especiales (NMX-C-414)	13
Tabla 1.4	Clasificación por su clase resistente (NMX-C-414)	14
Tabla 3.1	Extensiones asociadas por tipo de archivo de resultados	33
Tabla 4.1	Datos para ejemplo, Método ACI	39
Tabla 4.2	Datos para ejemplo por el <i>Método de mínimos vacíos</i>	60
Tabla 4.3	Datos experimentales a graficar	62

# ÍNDICE

Introducción	7
1 Diseño de mezclas de concreto normal	9
1.1 Antecedentes	9
1.2 El concreto y sus componentes	11
1.3 Cemento	11
1.4 Agregados	14
1.5 Agua	16
1.6 Aditivos	18
2 Métodos de dosificación	21
2.1 Método del ACI	22
2.2 Método de contenido mínimo de vacíos	24
2.3 Evaluación de los métodos	25
3 Manual del usuario	27
3.1 Requisitos mínimos del sistema	27
3.2 Guía de instalación	27
3.3 Uso del programa	29
3.3.1 Contenido mínimo de vacíos (opción con carga de datos)	30
3.3.2 Contenido mínimo de vacíos (opción desde gráfico)	30
3.3.3 Método del ACI	30
3.3.4 Mezcla de prueba	31
3.3.5 Cálculo de rendimientos	31
3.3.6 Dosificación de campo por peso	32
3.3.7 Dosificación de campo por volumen	32

3.4 Guardar archivos	32
3.5 Impresión de resultados	34
3.6 Uso de la ayuda	35
3.7 Desinstalación del programa	36
4 Ejemplos	37
4.1 Pantallas de inicio	37
4.2 Método del ACI	39
4.2.1 Dosificación base	39
4.2.2 Mezcla de prueba	48
4.2.3 Cálculo de rendimientos	51
4.2.4 Dosificación de campo por peso	54
4.2.5 Dosificación de campo por volumen	56
4.3 Método de contenido mínimo de vacíos	58
4.3.1 Dosificación base	59
4.3.1.1 Por carga de datos	59
4.3.1.2 Por gráfica experimental	61
4.3.2 Mezcla de prueba	66
4.3.2.1 Por carga de datos	66
4.3.2.2 Por gráfica experimental	67
4.3.3 Cálculo de rendimientos	67
4.3.4 Dosificación de campo por peso	70
4.3.5 Dosificación de campo por volumen	72
Conclusiones	73
Bibliografía	75
Índice de figuras	77
Índice de tablas	80



- Ordenar las fechas de vencimiento de manera vertical.
- Cancelar con el sello de "DEVUELTO" la fecha de vencimiento a la entrega del libro



2893992

UAM  
TA439  
G6.55

2893992  
González Díaz, Francisco  
Programa para diseño de m

como Topografía, Estructuras de Concreto y Análisis Estructural. Asimismo, ha desarrollado programas de aplicación a la Ingeniería Civil. Actualmente, se dedica al ejercicio de la ingeniería estructural.

---

LUIS ANTONIO ROCHA CHIU

---

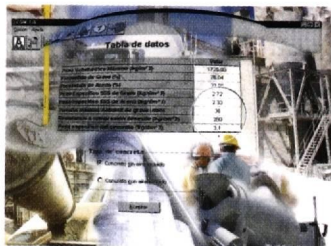
Es egresado de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Metropolitana y de la Maestría en Ingeniería con especialidad en Construcción por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, también posee un Diplomado en Finanzas Corporativas por el Instituto Tecnológico Autónomo de México. Actualmente realiza estudios de Doctorado en Ingeniería de la Construcción en la Universidad Politécnica de Madrid.

Tiene una experiencia profesional de más de quince años en construcción y transporte urbano en organismos del sector público y en empresas privadas, de entre las que destacan: asesoría técnica en el Senado de la República, subdirección de área en la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal y coordinador técnico en el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR).

Es profesor de tiempo completo desde 1992 en el Área de Construcción y fue Coordinador de la carrera de Ingeniería Civil en el periodo 1994-2000 en la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.



ISBN 970-31-0197-7



El programa de cómputo para diseño de mezclas de concreto normal DM 1.0 complementa los cursos de Construcción I, Laboratorio de Construcción y Tecnología del Concreto, que forman parte de la licenciatura en Ingeniería Civil de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

El empleo del programa no se restringe a los alumnos de ingeniería civil, sino que también puede ser útil para los estudiantes de arquitectura, residentes y supervisores de obra, empresas de control de calidad, compañías constructoras y para todo aquel usuario que requiera dosificar concreto normal.

El programa de cómputo para el diseño de mezclas de concreto normal contempla dos métodos diferentes: peso volumétrico máximo de grava y arena (mínimo contenido de vacíos) y por factores empíricos. El primero, se incluye en el "Manual de Tecnología de Concreto" (sección 4) de la Comisión Federal de Electricidad y, el segundo, forma parte de la publicación "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweighth and Mass Concrete (ACI 211.1-91)" del American Concrete Institute (ACI).

Para facilitar el uso del programa y la comprensión de los conceptos básicos sobre dosificación se ha incluido una breve descripción sobre los componentes del concreto y de las características más importantes de los dos métodos de diseño de mezclas de concreto, así como una guía de usuario del programa con ejemplos que ilustran su empleo.

